

■本資料のご利用にあたって(詳細は「利用条件」をご覧ください)

本資料には、著作権の制限に応じて次のようなマークを付しています。
本資料をご利用する際には、その定めるところに従ってください。

* : 著作権が第三者に帰属する著作物であり、利用にあたっては、この第三者より直接承諾を得る必要があります。

CC : 著作権が第三者に帰属する第三者の著作物であるが、クリエイティブ・コモンズのライセンスのもとで利用できます。

Ⓒ : パブリックドメインであり、著作権の制限なく利用できます。

なし : 上記のマークが付されていない場合は、著作権が東京大学及び東京大学の教員等に帰属します。無償で、非営利的かつ教育的な目的に限って、次の形で利用することを許諾します。

- I 複製及び複製物の頒布、譲渡、貸与
- II 上映
- III インターネット配信等の公衆送信
- IV 翻訳、編集、その他の変更
- V 本資料をもとに作成された二次的著作物についての I からIV

ご利用にあたっては、次のどちらかのクレジットを明記してください。

東京大学 UTokyo OCW 学術俯瞰講義
Copyright 2014, 池内克史

The University of Tokyo / UTokyo OCW The Global Focus on Knowledge Lecture Series
Copyright 2014, Katsushi Ikeuchi

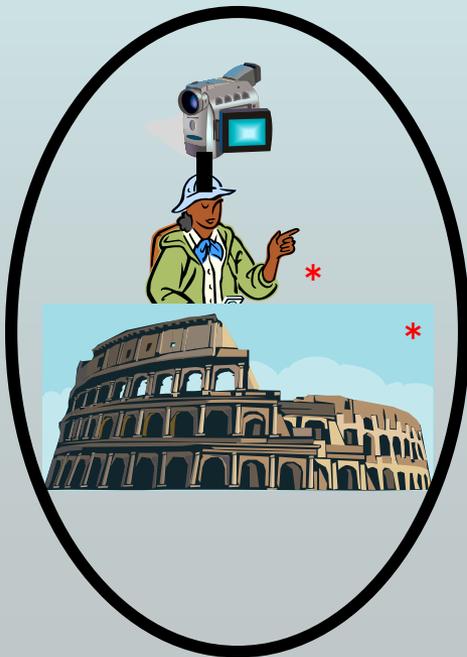
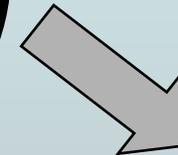
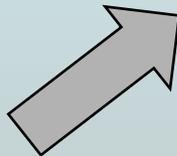
ロボットが読み・記憶し・書く —文化財アーカイブを例として—

東京大学
大学院情報学環
池内克史

文化財アーカイブとは？

読み記憶し書く

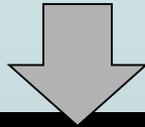
Digital Data



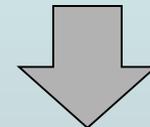
なぜ文化財アーカイブか

- ◆非常に高価で保存する価値、鑑賞する価値あり
- ◆なくなる可能性(自然災害、人為行為、後継者難)
- ◆高価な技術開発の理由づけ (B/Cが高い)
- ◆CS・EEの分野でのフロンティア開発可能

有形文化と無形文化財

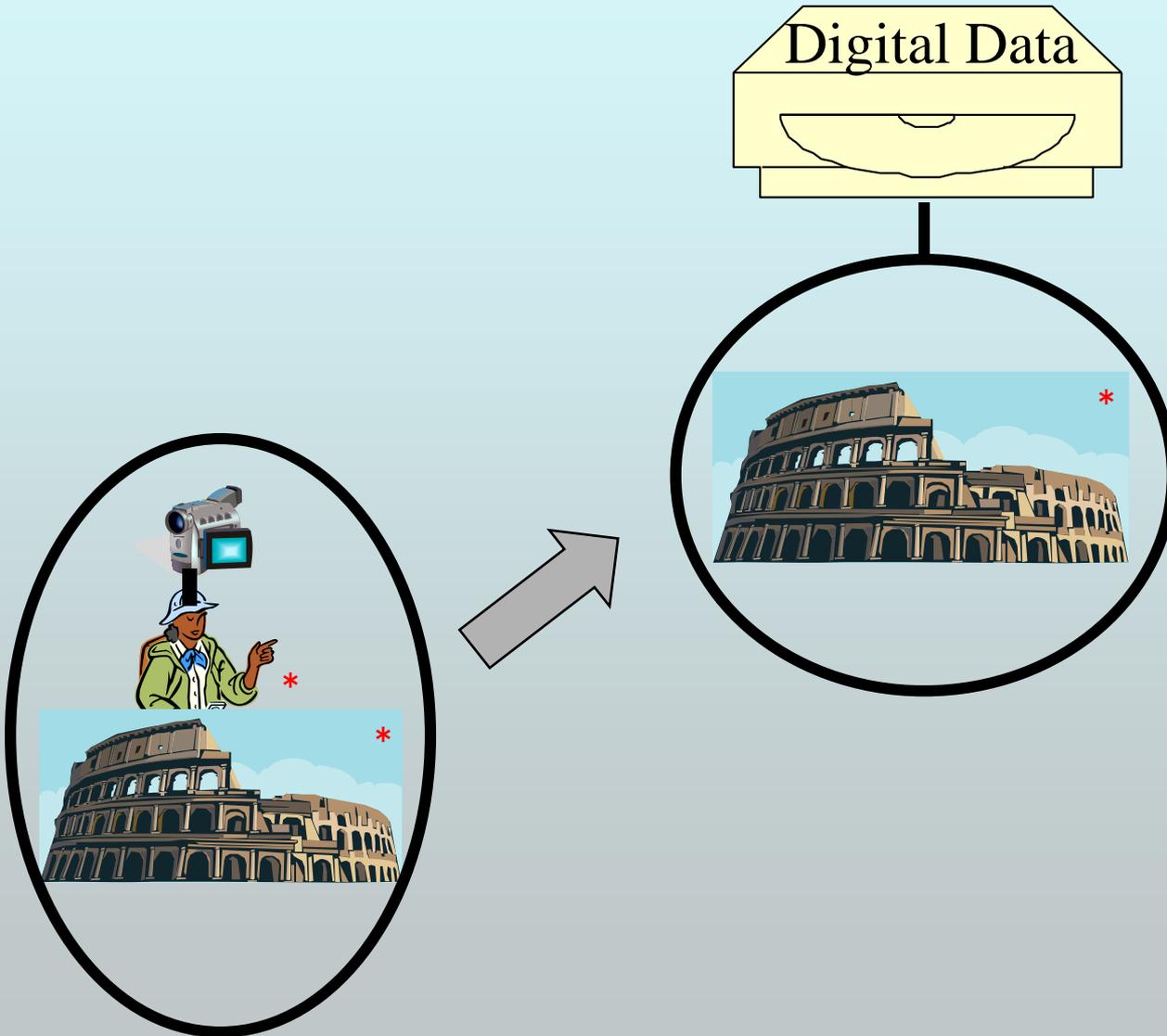


有形



無形

有形文化財を読み・記憶する技術



モデリングの2要素

かたち情報



色・艶情報

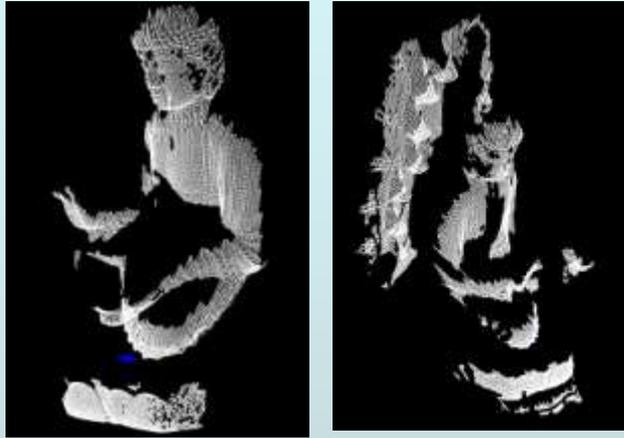




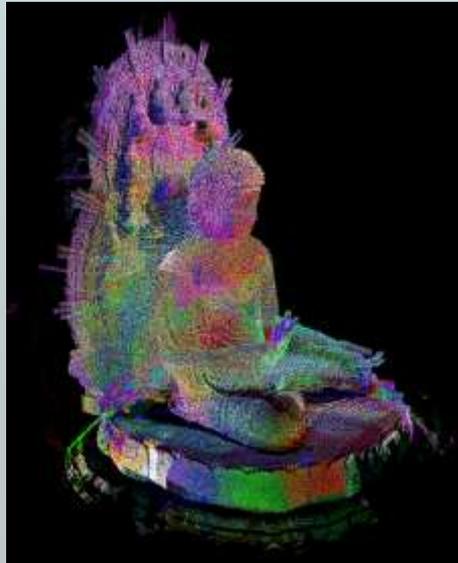
形のモデル化 デジタルバイヨンプロジェクト

形のモデリング3ステップ

データ取得



位置あわせ



貼りあわせ



バイヨン寺院(アンコール遺跡)



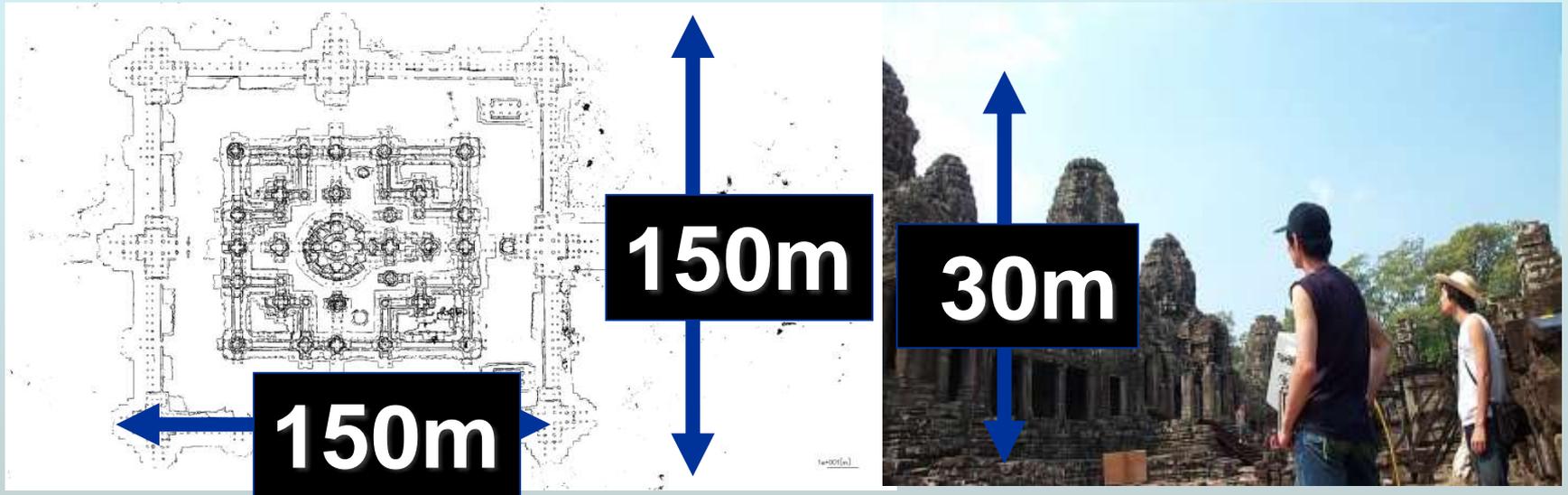
なぜバイヨンか？

中央棟崩壊の可能性



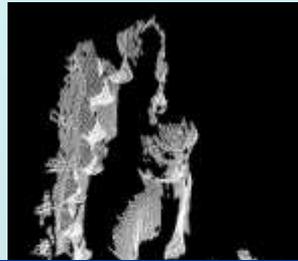
→ 現存の間に3Dデータ化

しかし、



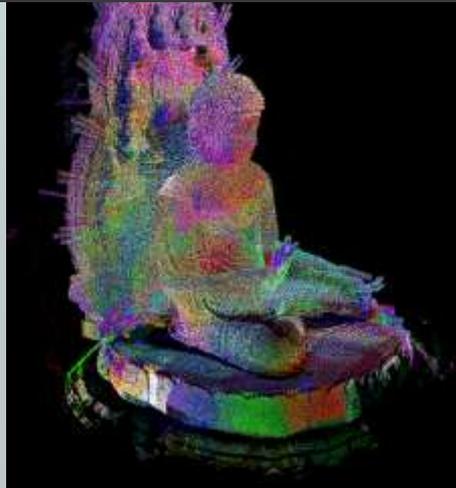
→ 規模！

形のモデリング3ステップ

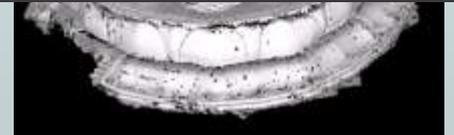


その規模と複雑さが
全てのステップで問題になる！

位置あわせ



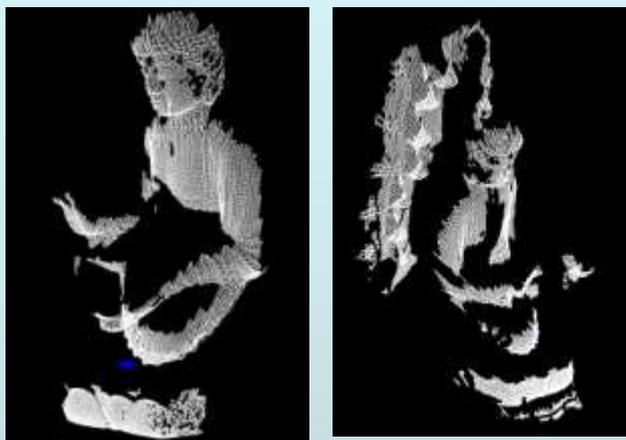
貼りあわせ



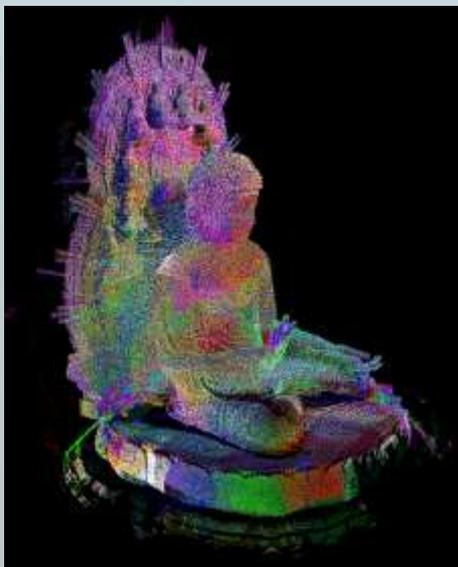
開発項目

- ◆ 新しいセンサーの開発
- ◆ 大量データを扱える処理ソフトウェア

データ取得



位置あわせ

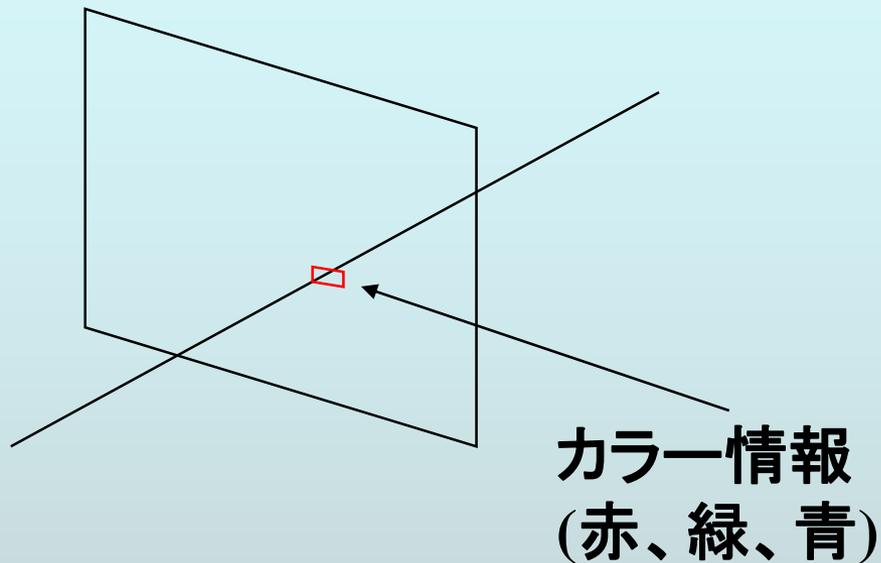


統合

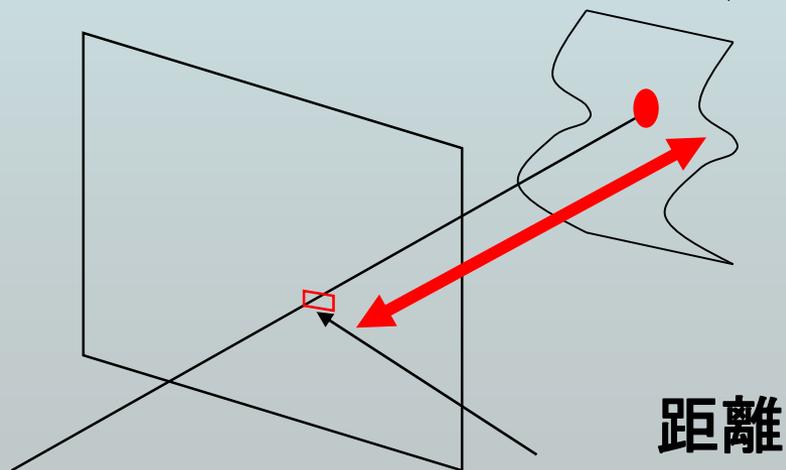


カラー画像と距離画像

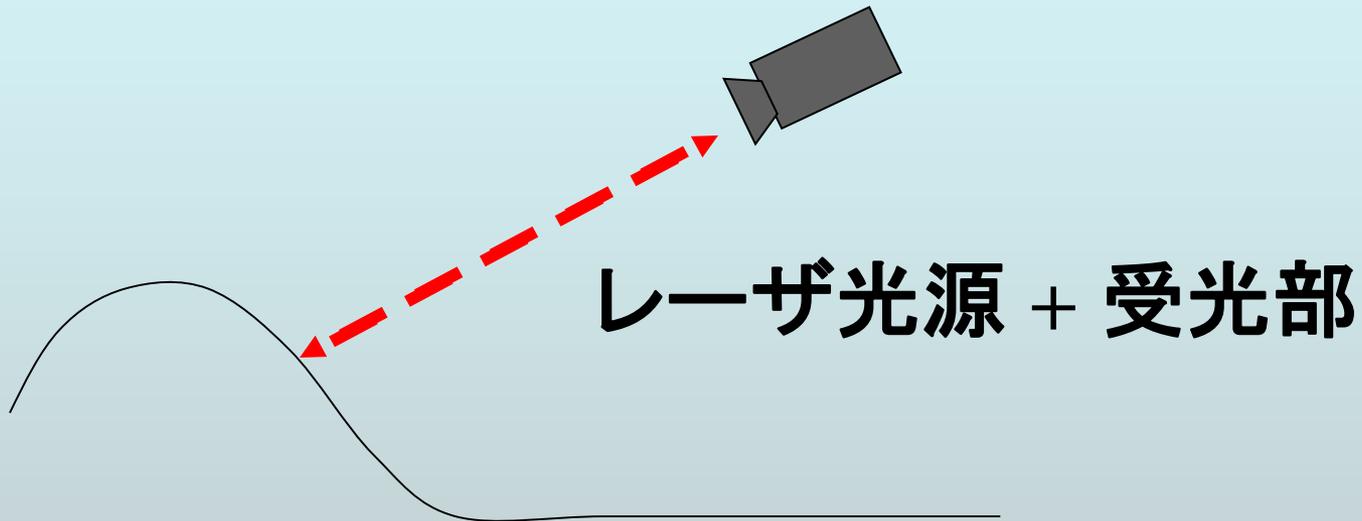
カラー
画像



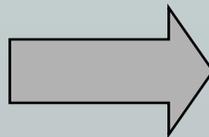
距離
画像



距離センサー (飛行時間型)

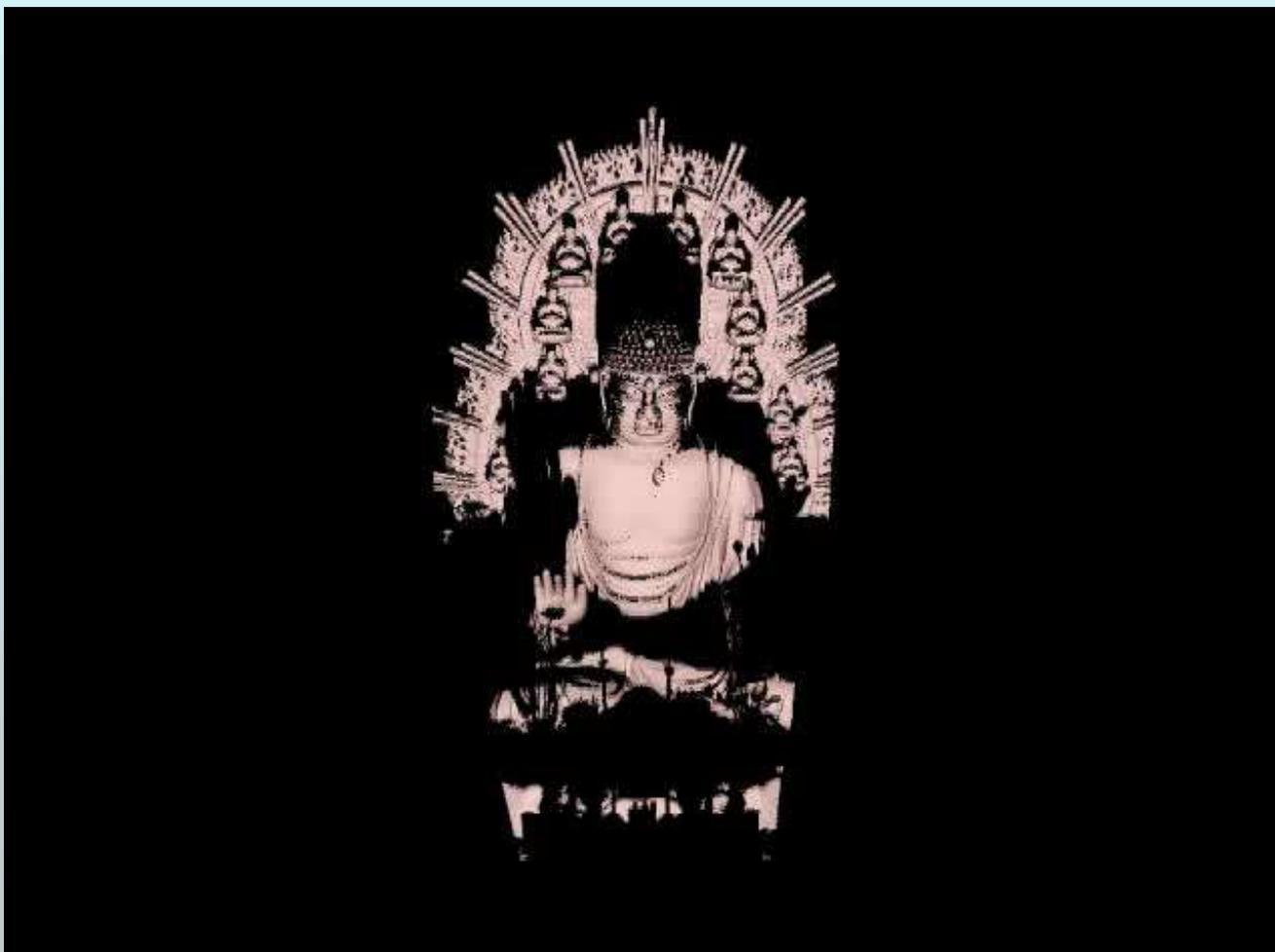


飛行時間



距離

距離画像の例



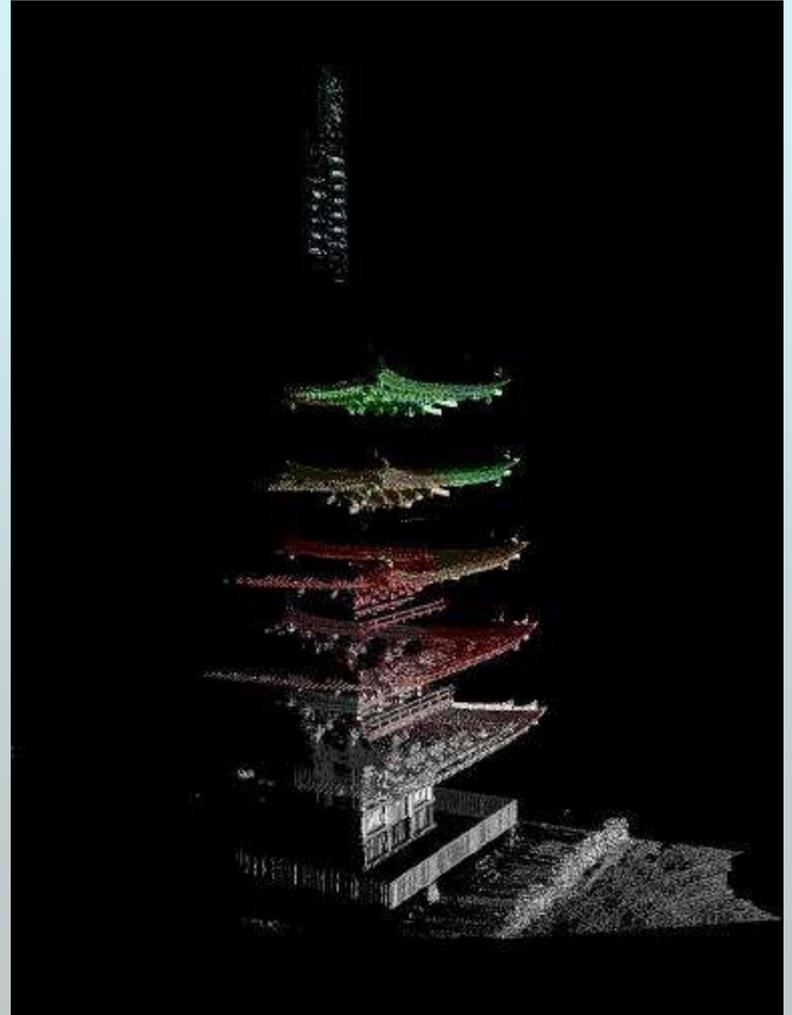
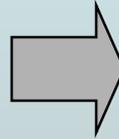
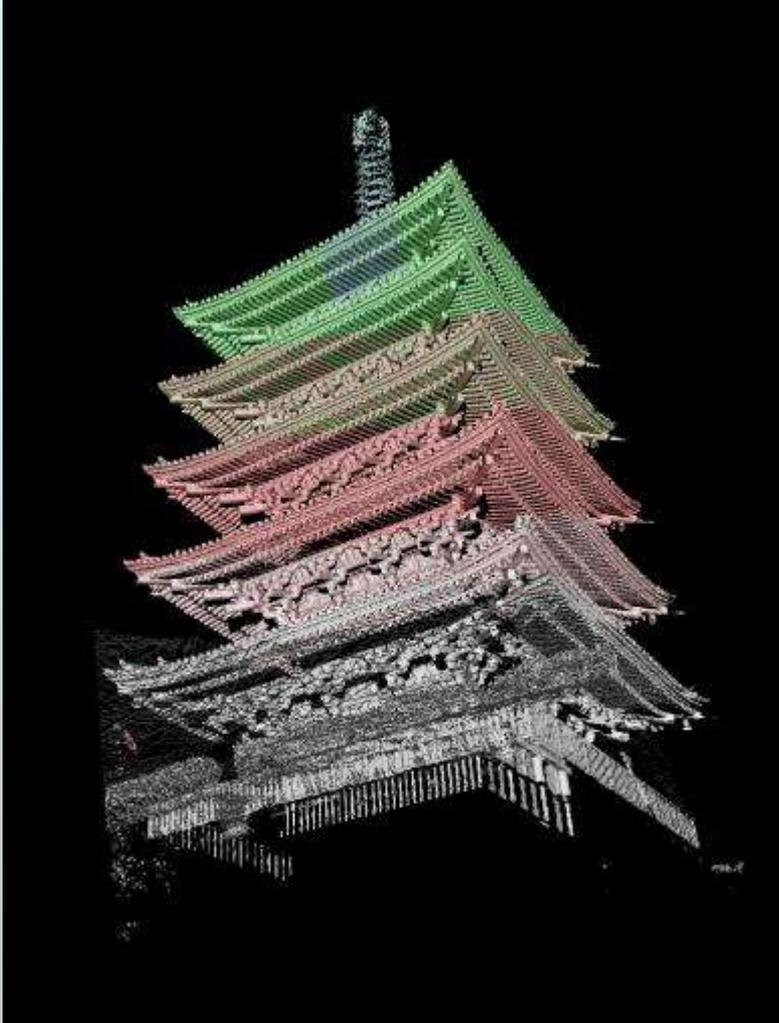
数多くの距離センサー

Sensor	range	accuracy
◆ CYRAX	100m-3m	5 mm
◆ K2T	50m-1m	5 mm
◆ Pulstec1	10m-3m	1mm
◆ Pulstec2	3m-1m	1mm
◆ Pulstec3	1m-0.3m	1mm
◆ Vivid900	0.5m-0.2m	0.1mm



しかし、すべて地上据え置き型

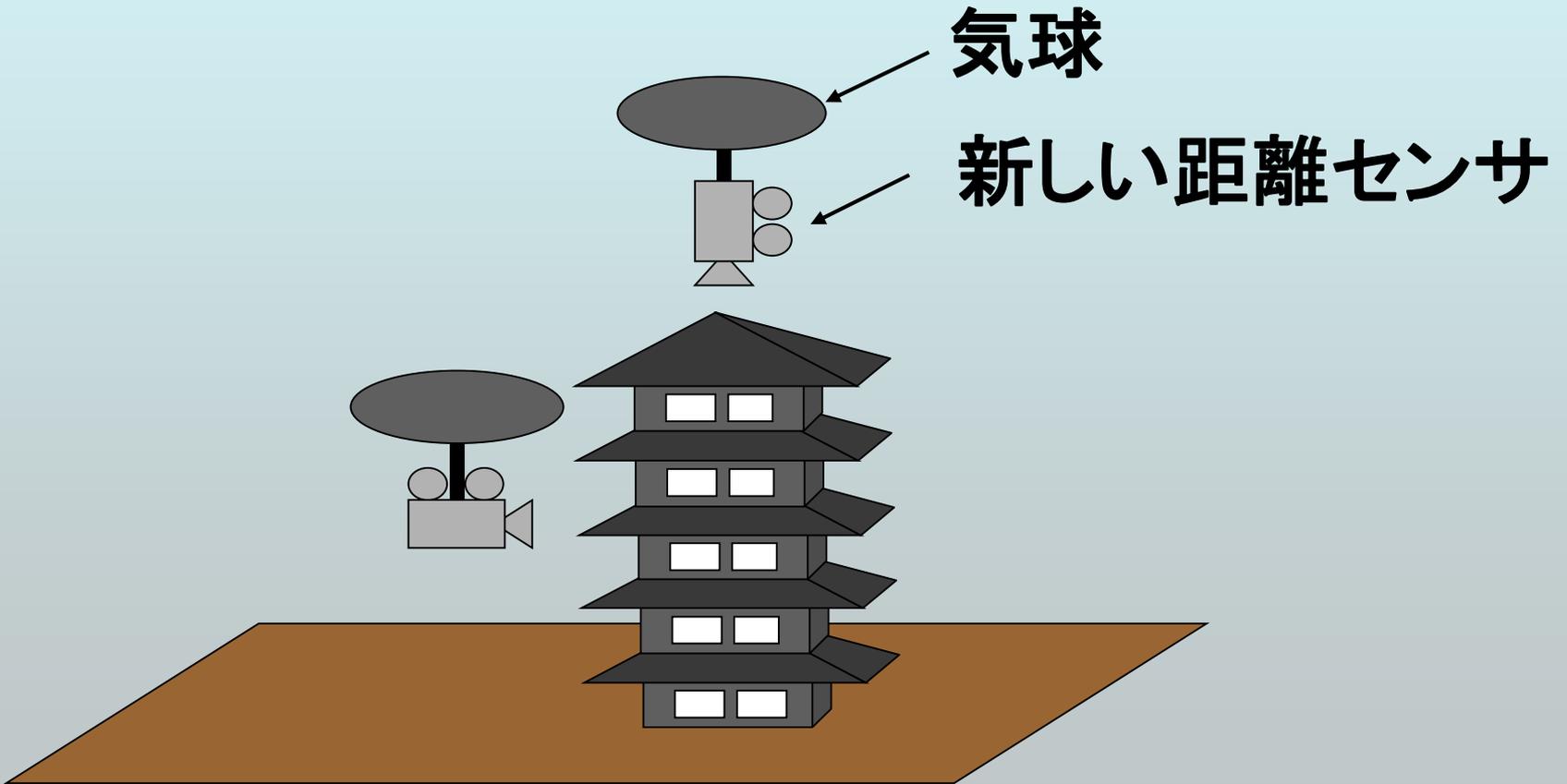
地上据え置き型の問題点



1つの解決法

気球

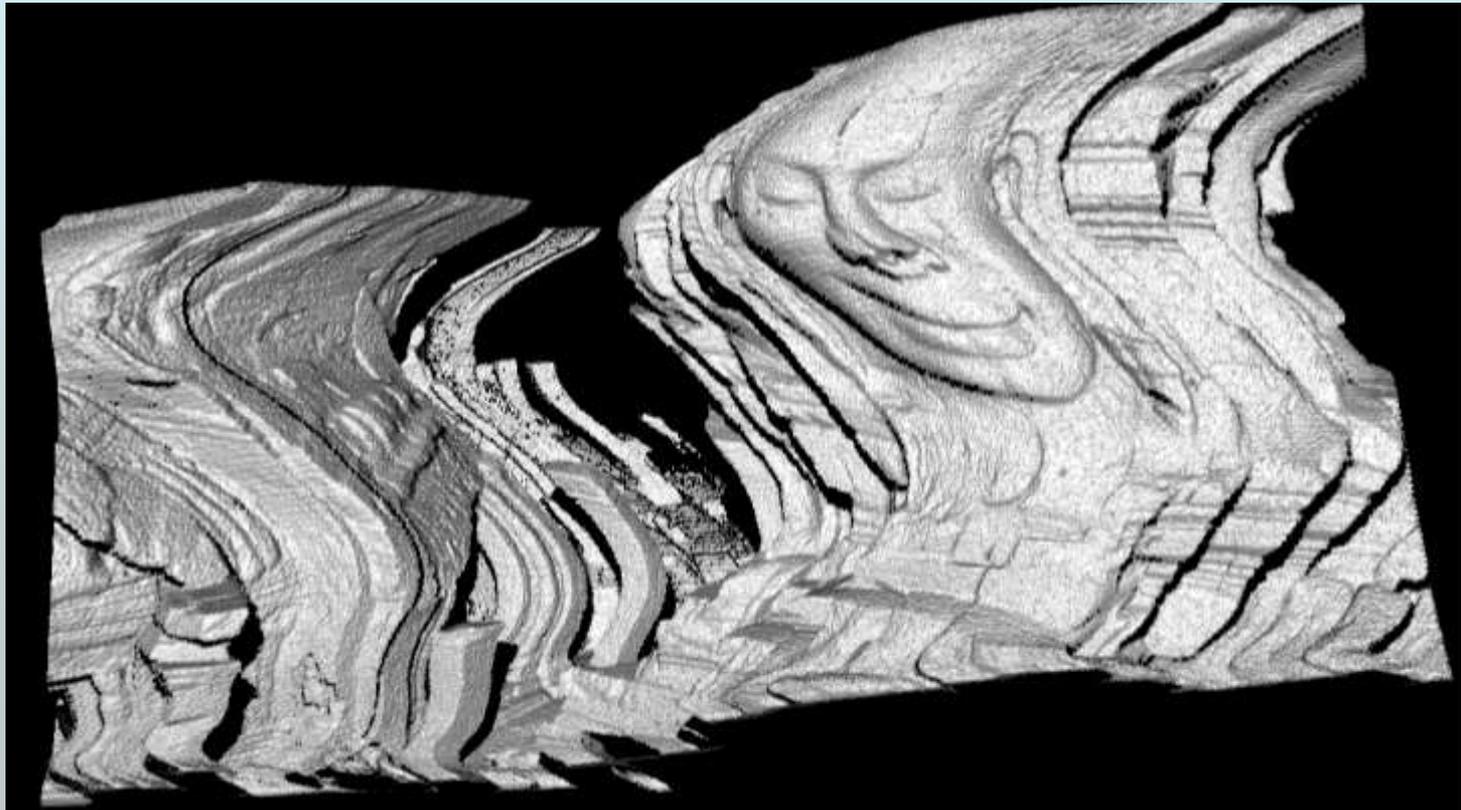
新しい距離センサ





新規問題

◆ 測定中のセンサーの移動



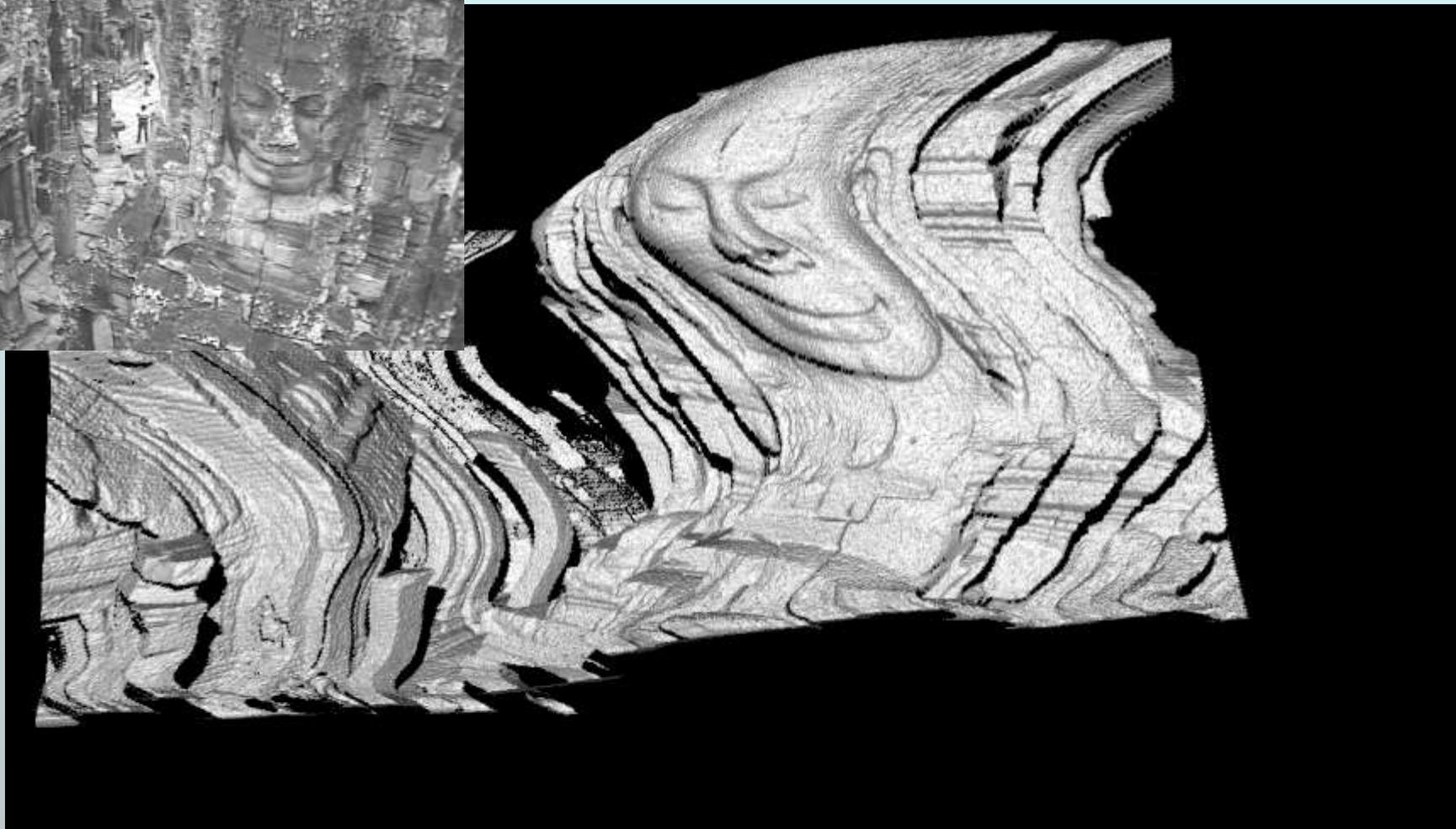
处理前



处理後



处理前



処理後



梯子センサー -- 狭隘部用 --



鏡センサー -- 狹隘部 --



気球センサー -- 高所 --



Cyrax (市販品)

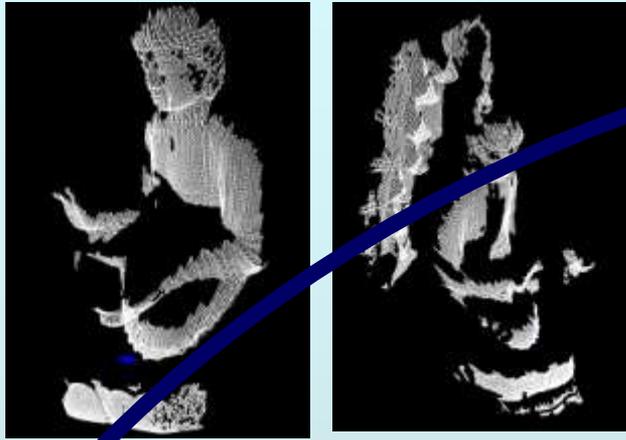




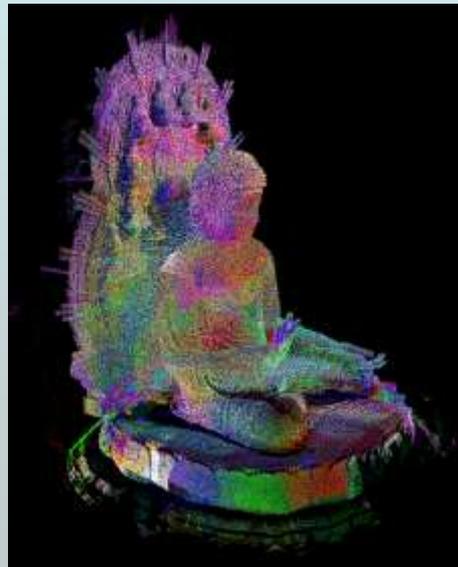
尊顔
回廊内部
回廊壁画
ペディメント
狭隘部
上空

CYRAX(市販)
Z+F(市販)
VIVID(市販)
鏡センサ(池内研開発)
木登りセンサ(池内研開発)
気球センサ(池内研開発)

データ取得



位置あわせ

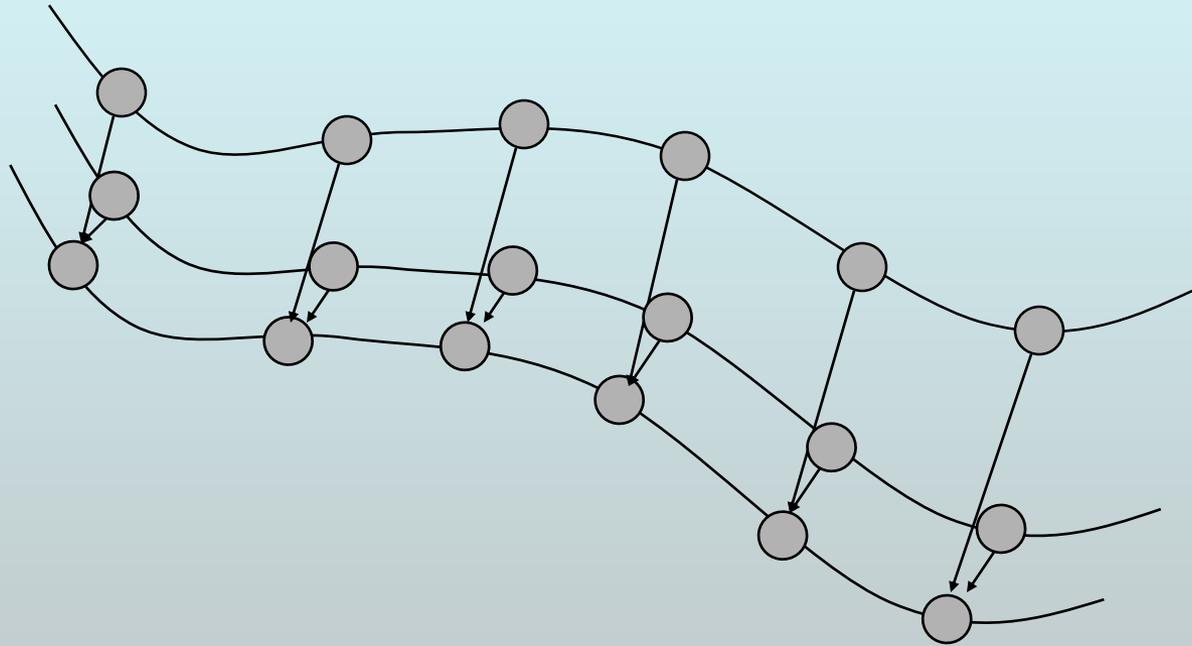


貼り合わせ

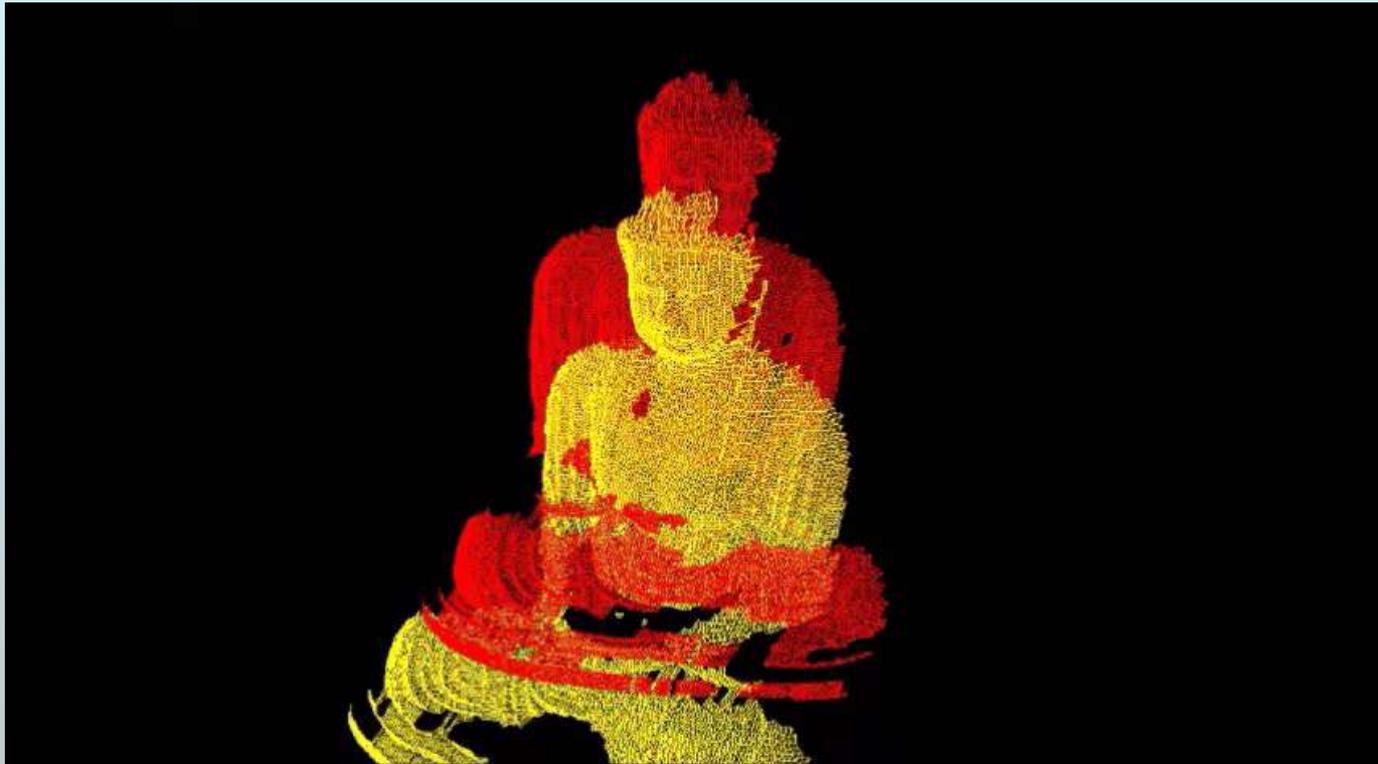


大規模データ処理ソフト

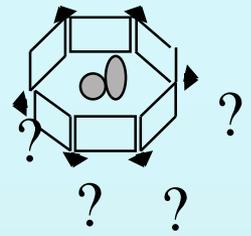
位置あわせ



2枚の位置あわせ

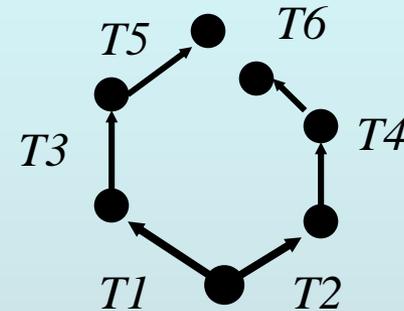


2枚の位置あわせの問題点

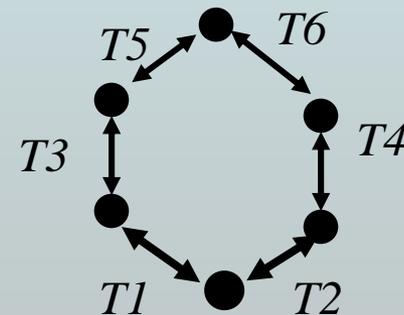


◆ 2枚の位置あわせ

-> 規模！
誤差の蓄積



◆ 同時位置あわせ



処理ソフトウェアの問題点

◆ 非常に大規模なデータの処理

-- 20,000 以上の距離画像 ~ 0.5 TB

◆ 問題点

— 仮想記憶オーバー

— 極端に長い計算時間

解決法

(大石 05)

- ◆ GPU を使用した高速2枚位置あわせ
 - 現場でのデータチェックとセンサープラン
 - 次のステップへの初期位置合わせ

- ◆ PC クラスタ上での並列同時位置あわせ
 - 大学へ持ち帰り高精度位置合わせ

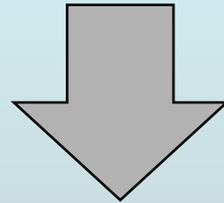


デジタルバイオンの今後

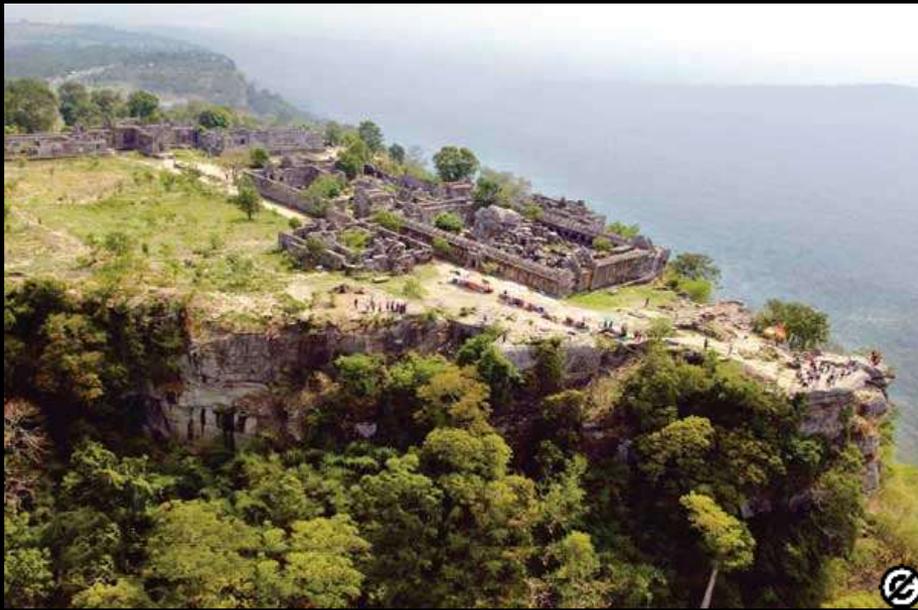
点から領域へ

点データと領域データ

◆点 — デジタルバイヨン



◆領域 — アンコール域全体の全ての寺院のデータ



プリアヴィヘア寺院

なぜプレアヴィヘア寺院か？

- ◆ タイ・カンボジア国境（少しカンボジア内）
- ◆ 5年に1度、タイ・カンボジアの間で争奪戦争
- ◆ 南北軸延長線上にアンコールワット
- ◆ 非常に長い広域寺院



Image by T-Rithy at
km.wikipedia, from
Wikimedia Commons
CC BY-SA 3.0
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prea_hvihear112.jpg

広域対応の屋台センサー



実は失敗

第二世代屋台センサー



当然、市販のセンサーも

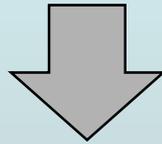


3次元データ → ビデオ



孤立技術から共通技術へ

- ◆ 日本チームによるデジタル化



- ◆ カンボジアチームによるデジタル化



アンコールワット

なぜアンコールワットか？



Photo by Bjørn Christian Tørrissen, from Wikimedia Commons
CC BY-SA 4.0
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Angkor_Wat.jpg



- カンボジアの誇り (国旗)
- カンボジア人の手でやるべき

カンボジア人による計測風景



現状

- ◆ データ収集：カンボジアチーム
- ◆ データ処理：カンボジアチーム
- ◆ ソフトハード：日本チーム
- ◆ ただし、難しい部分は、日本チーム（東大）

カンボジア人による計測風景

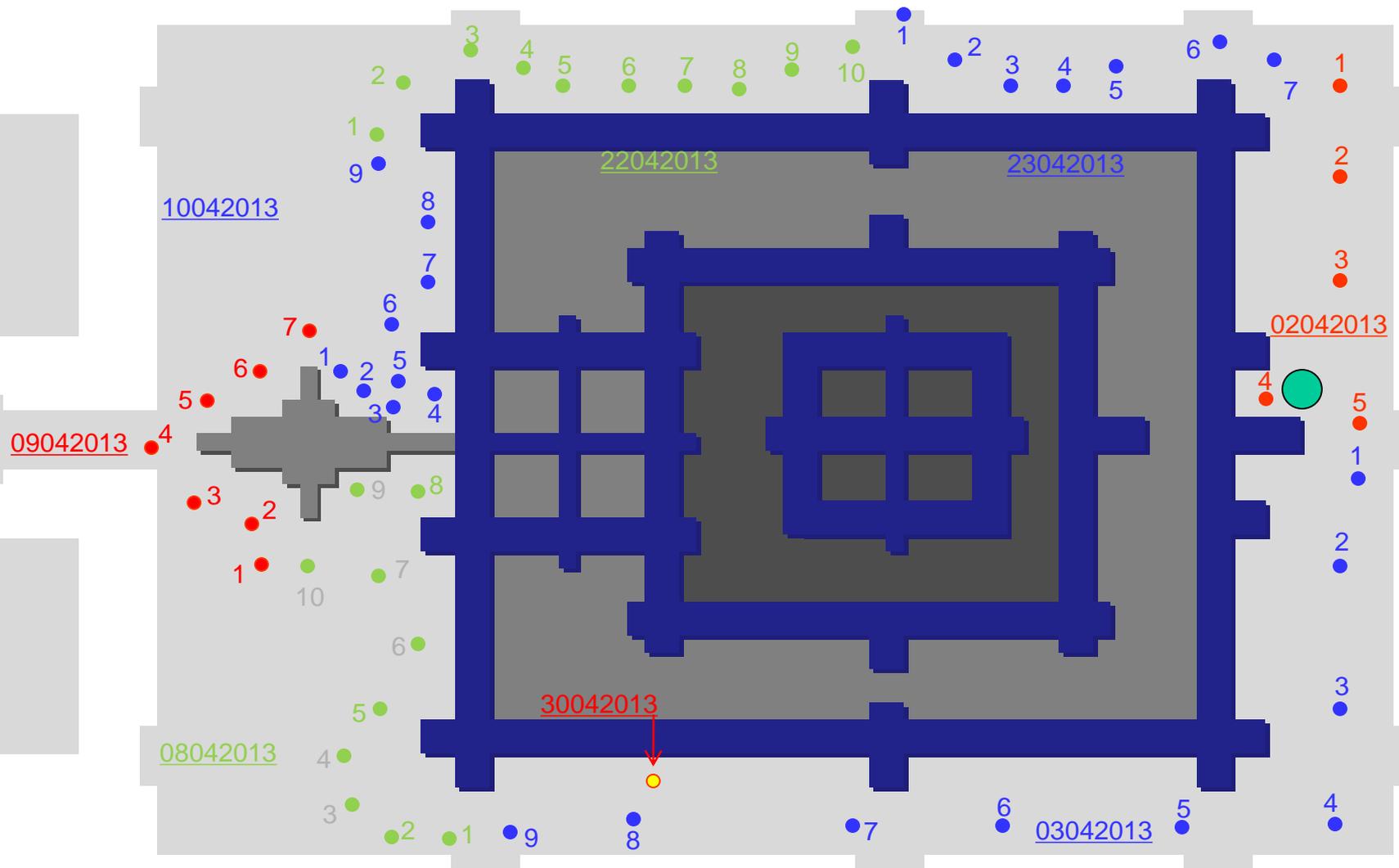


バイヨンご本尊



1-Layout of galleries III of Angkor wat temple , date from 02¥04¥2013 to 23¥04¥2013

Ground level of Angkor wat temple of galleries III



REMARK

- date = 02042013 to 23042013
- ● ● = Station
- = recheck 30042013



塔のてっぺん
東大の持ち場 #1



気球による計測



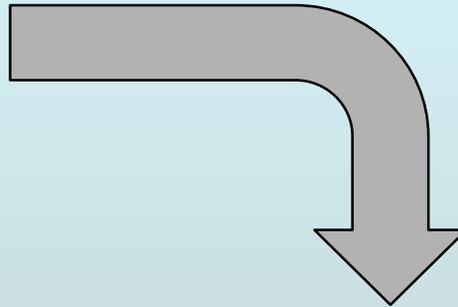
得られたデータ(修正前)





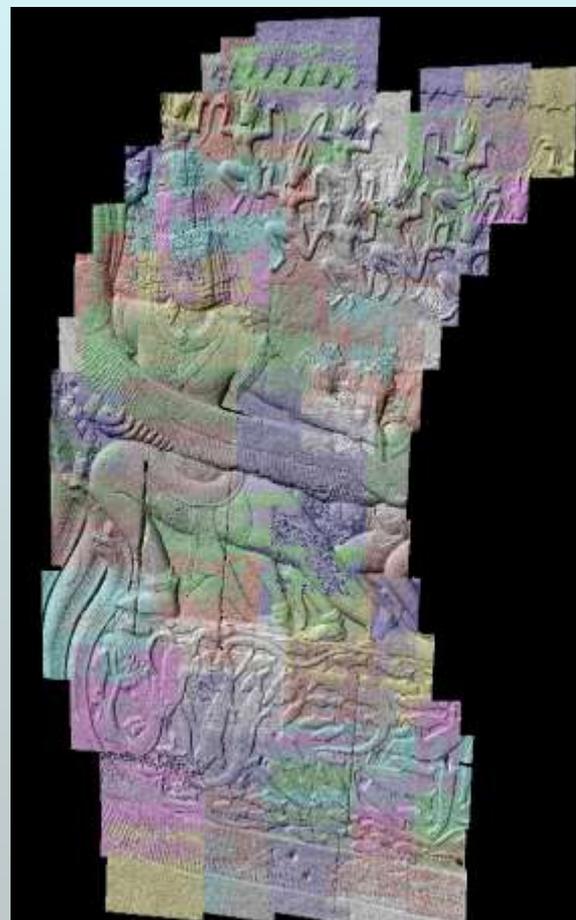
なが〜い 壁画
東大の役割 #2

通常のセンサー(C10)では？



- 密度・精度の不均一

通常のセンサー(VIVID)では？



1日に1m

そこでレールセンサー



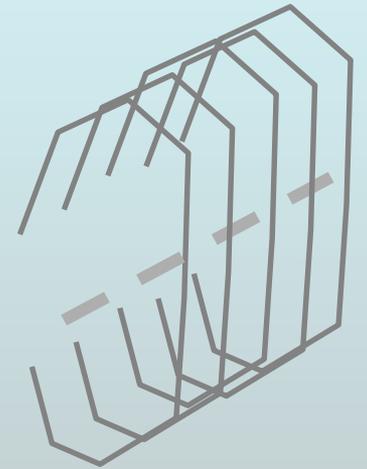
2D range sensor



Scan line

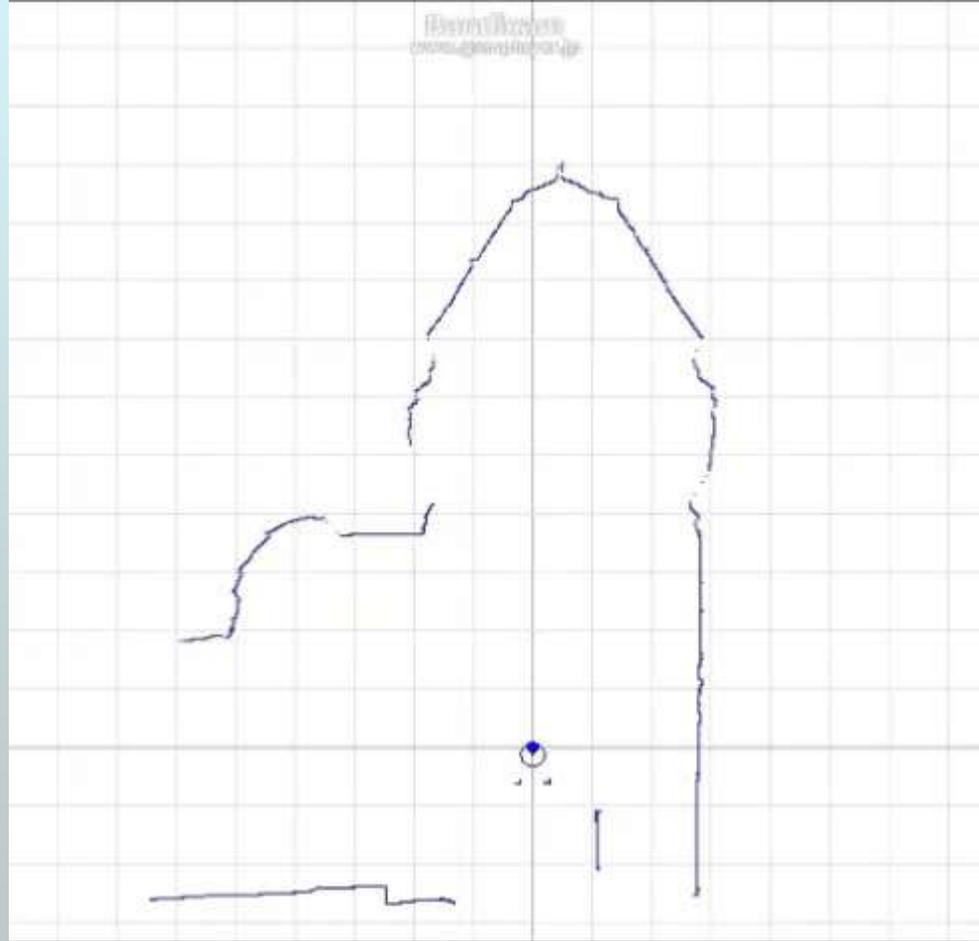


Ladybug



Motion info from sfm

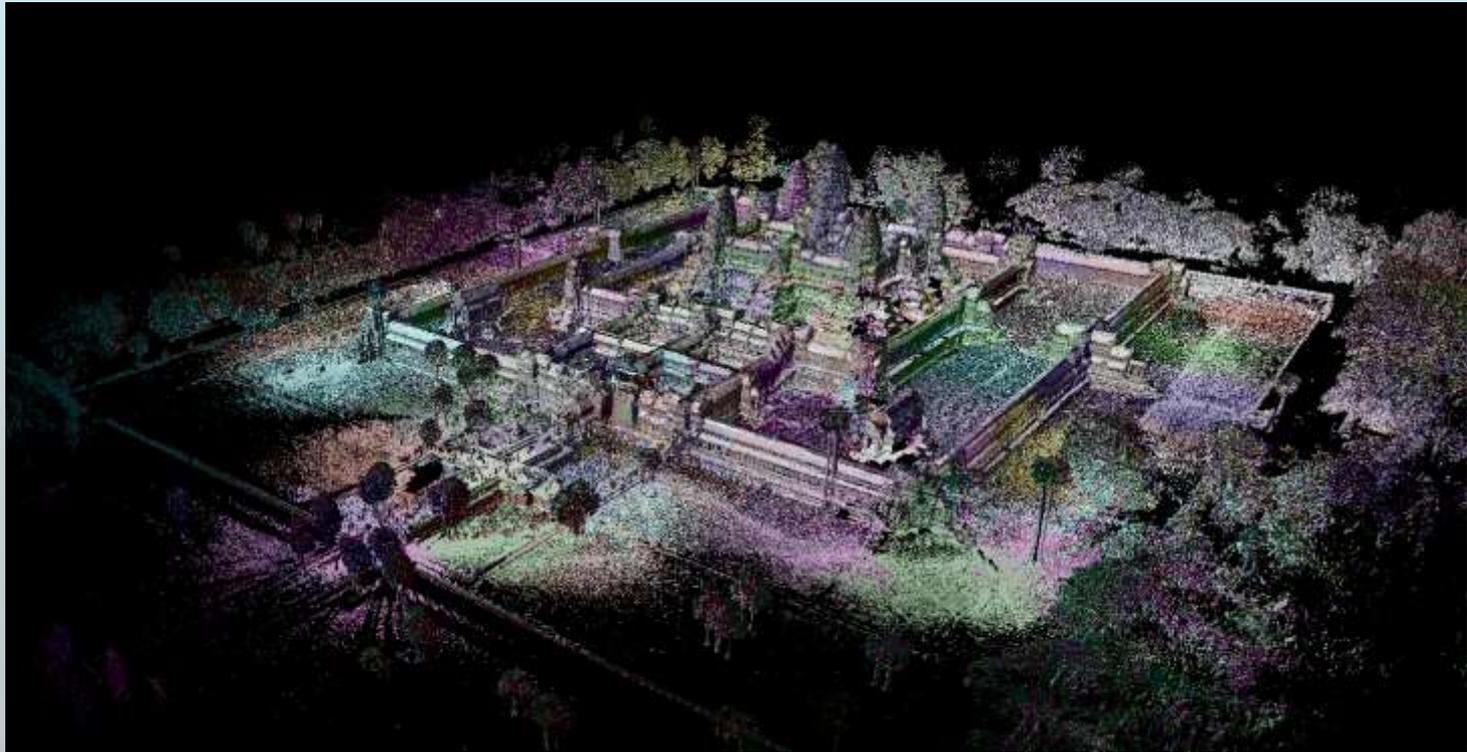
レールセンサー

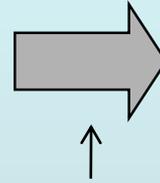


浮き彫り



現状





色彩モデリング

課題1: どうやってはるか?

幾何モデル



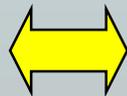
カラー画像



テクスチャマッピング



相対姿勢



カラーセンサ

レーザーセンサ

課題2: 色が違う!



朝の画像



夕方の画像

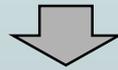


Kawakami 09

入力



色再現

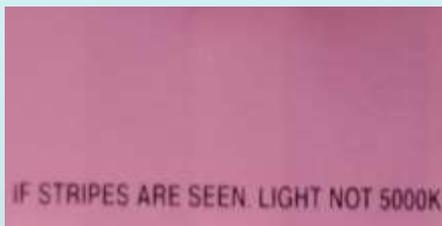


明るさ調整

RGBで十分か？

条件等色対

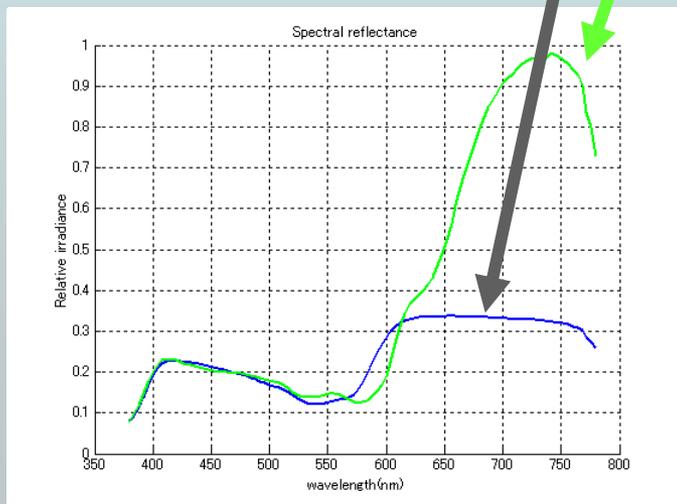
(GATF/RHEM Light Indicator Strips)



(a) D50 光源



(b) 5900K 光源



分光反射率

条件等色対の復元結果



(a) D50



(b) D55



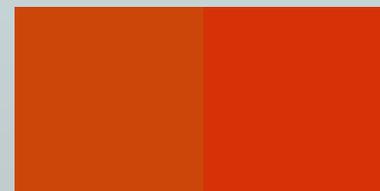
(c) Sunset



(d) PSR500WD



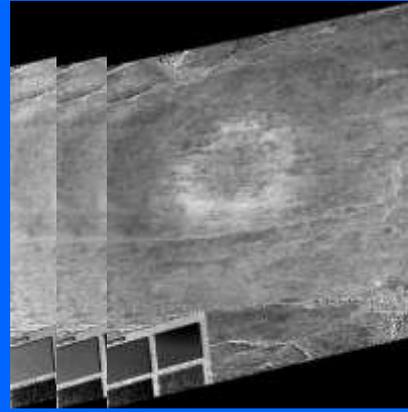
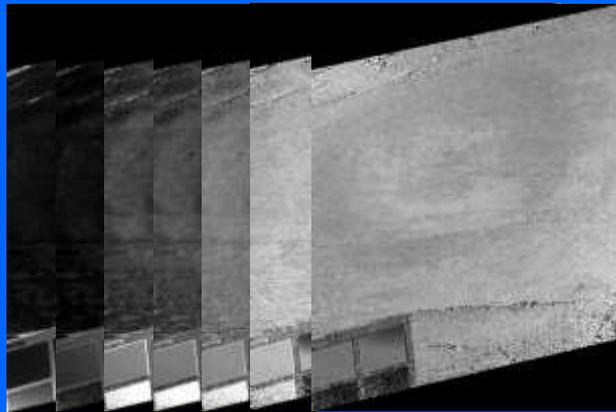
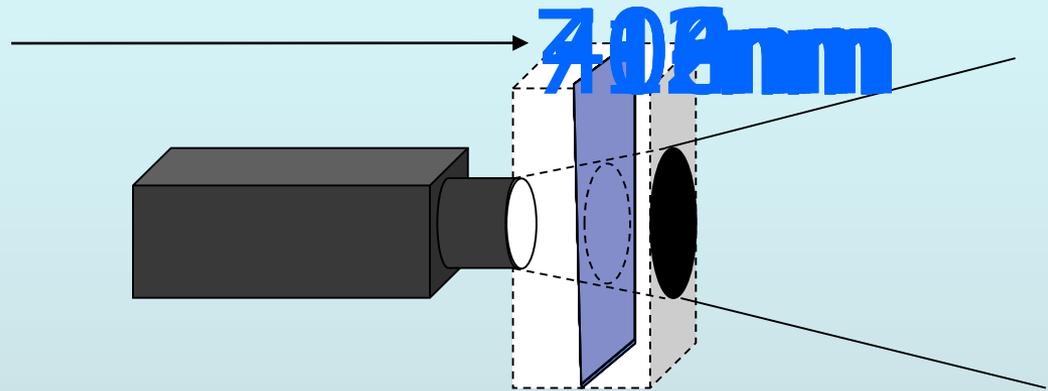
(e) A



(f) Torch

液晶チューナブルセンサー

- 電子制御により透過波長を変更できるフィルタ



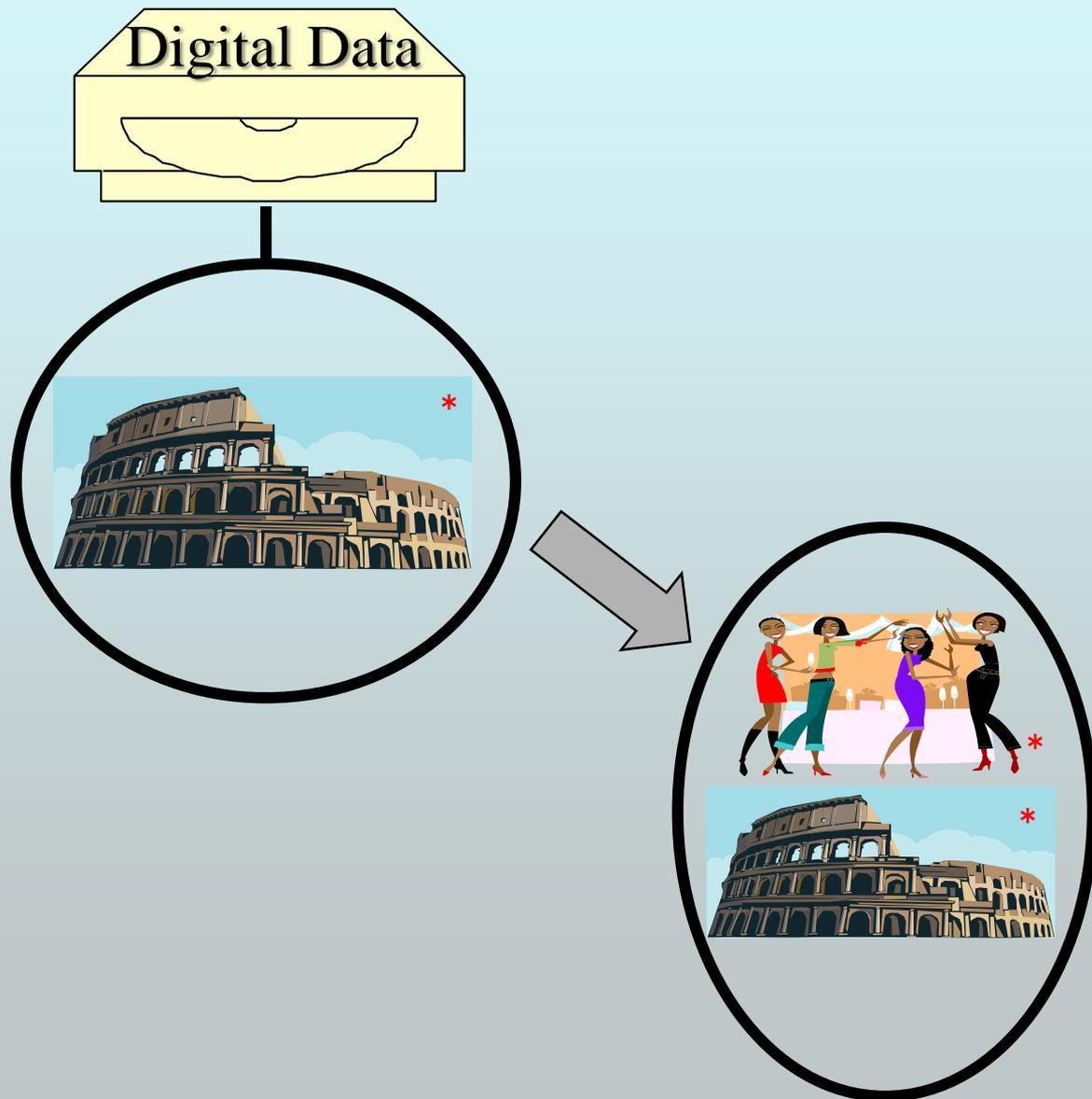
400nm ~

~720nm

t (s)

- ◆ 各画像の明るさがスペクトル強度

文化財を書く



クラウドコンピュータ上の デジタル文化財

Image by Pixeden.com,
from Wikimedia
Commons (2015/10/13)
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IPhone5white.png> **CC BY 3.0**

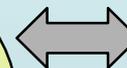
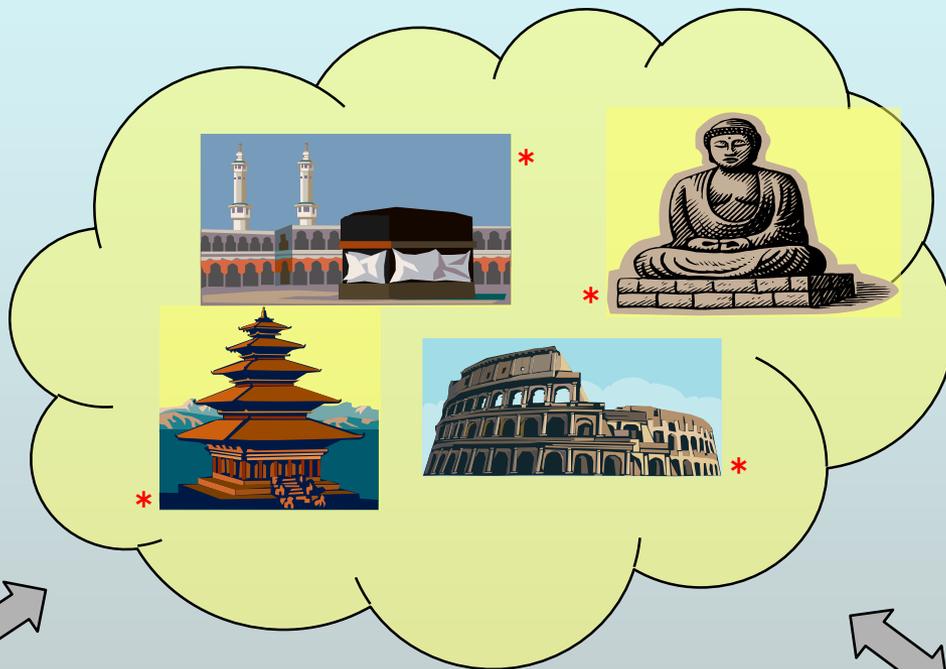


Image by Pixeden.com,
from Wikimedia
Commons (2015/10/13)
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IPhone5white.png> **CC BY 3.0**

Image by Pixeden.com,
from Wikimedia
Commons (2015/10/13)
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IPhone5black.png> **CC BY 3.0**



Image by Jared
and Corin, from
flickr (2015/10/13)
CC BY-SA 2.0
<https://www.flickr.com/photos/redjar/162546810/>



Image by Jared
and Corin, from
flickr (2015/10/13)
CC BY-SA 2.0
<https://www.flickr.com/photos/redjar/162546810/>

再訪

コンテンツの追加・拡張
期間限定キャンペーン
有名人ガイドの起用



動機づけ

ウェブサイトによるPR
パノラマビュー鑑賞
遺跡復元3次元CG体験

感動

MRシステムで遺跡復元CG
過去・未来の様子を可視化
歴史的瞬間を追体験

学習

博物館・資料館で遺物鑑賞
学芸員による研究成果の展示
シアターで幅広い知識獲得

訪問

パーソナルビークル・電気自動車
移動中に遺跡ガイド・音声解説
GPSを用いたナビゲーション機能

* 角田哲也氏提供

複合現実感システムを用いた スマートツーリズム

動機づけ

再訪



学習

複合現実

感動

* 角田哲也氏提供

訪問

スマートツーリズム(現地での感動)

現地での展示

◆ 現実シーンに



現地での展示

- ◆ 現実シーンに
- ◆ 仮想CGを重ねる技術



- その場所でCG
- 古代からの風を感じつつ

複合現実感の問題点



実画像

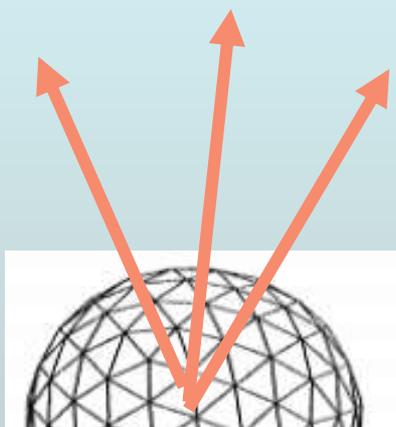


CGと背景との
位置合わせ

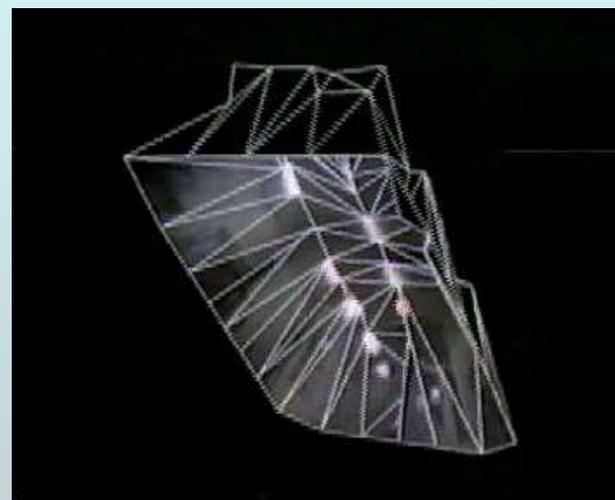
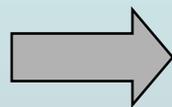


CGと背景との
日照合わせ

周辺の明るさの測定



魚眼レンズ



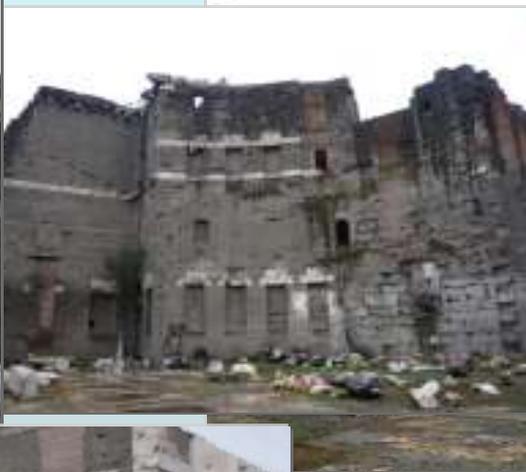
各方向での明るさ

複合現実感CG



- ◆ 背景の上にCG
- ◆ 天候・時間に応じたCG

フォロマーナ

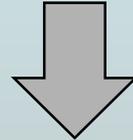


Dec 2008

ローマデモ(東大)



副市長



* Credit: Altair4 Multimedia
<http://www.altair4.com/>



* Credit: Altair4 Multimedia
<http://www.altair4.com/>

再訪

動機づけ



学習

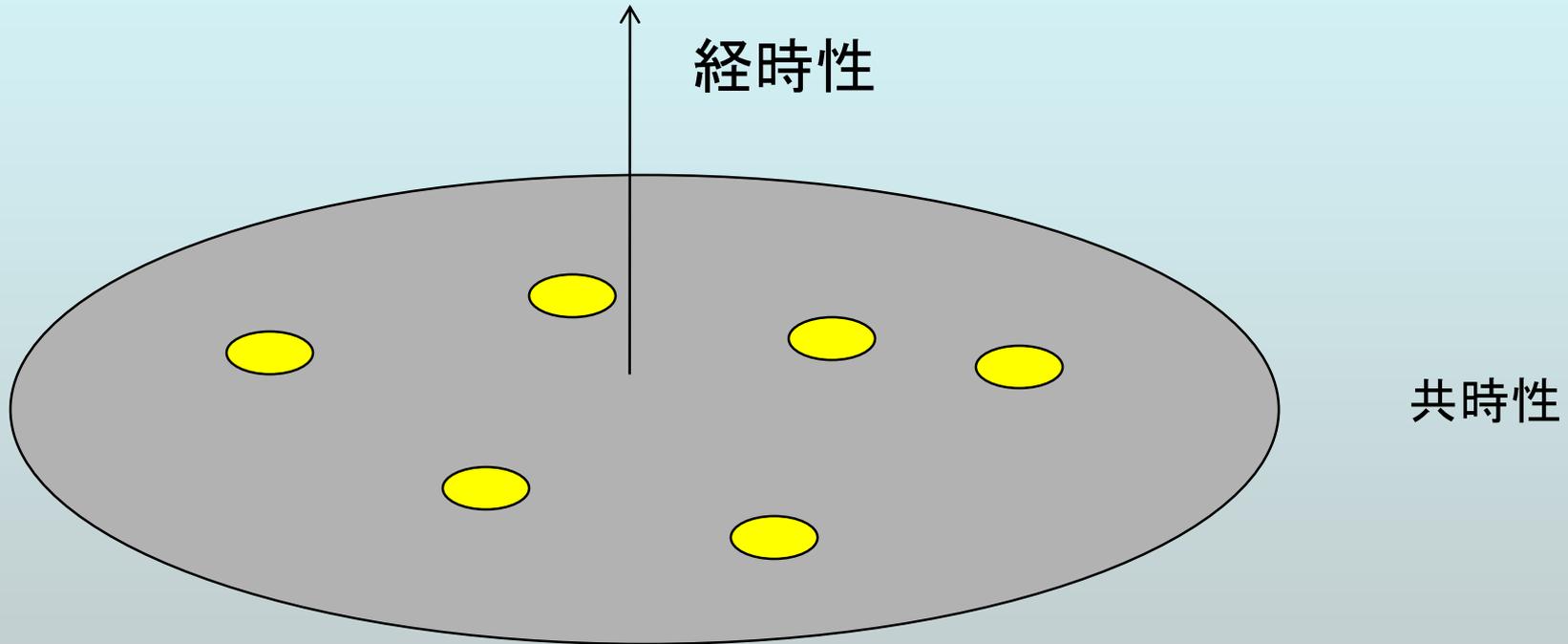
感動

移動

* 角田哲也氏提供

スマートツーリズム(移動)

経時展示と共時展示



移動システム @ MRバス

明日香まるごとデモ



- 電気バスで昔の街並みの中に
- 物から事へ： 壬申の乱

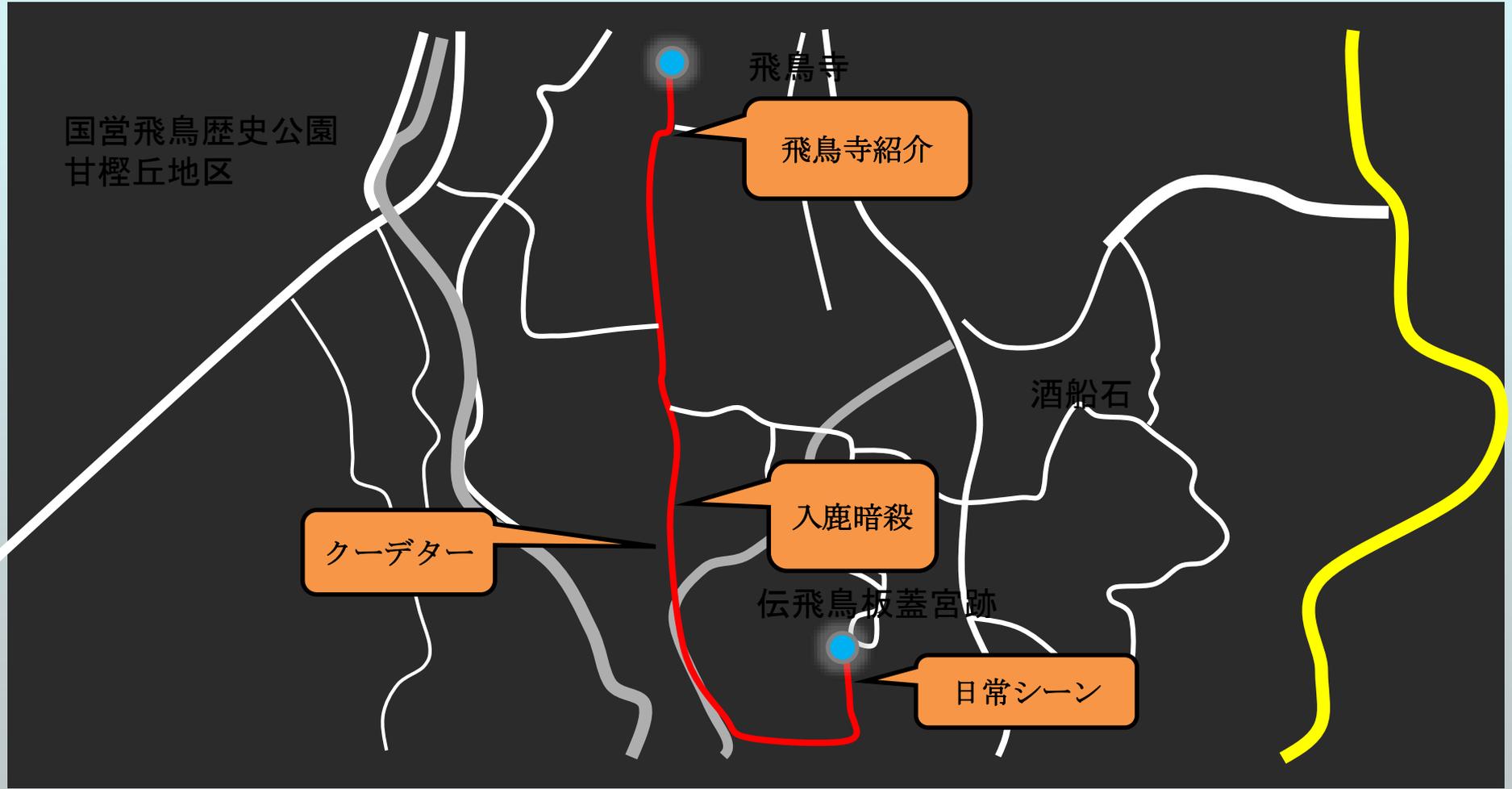
ポイント2: 「こと」へ

- ◆ 人物の登場
- ◆ その時歴史が動いたを現場で



* 画像提供: 談山神社

経路



MRバスツアー(明日香+平城)

著作権の都合により
ここに挿入されていた動画を
削除しました

フジテレビ『情報プレゼンター とくダネ!』
2011年11月4日放送、
「ゴーストで”時空旅行”!? 1400年前の世界が見える」

3Dデータ＋スペクトルデータ

→ 確かにビデオコンテンツは作れる

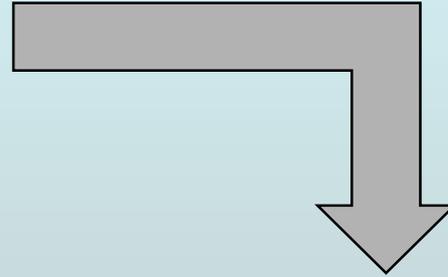


月下のバイヨン



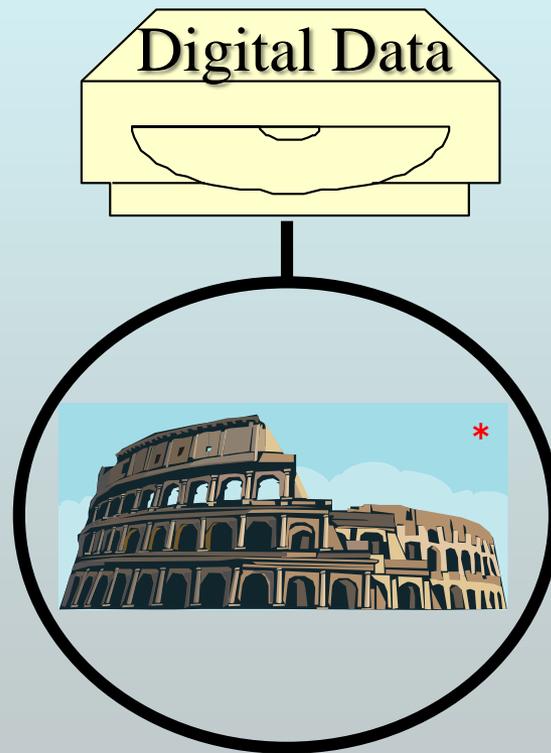
夕刻のメナンドロ家

しかし、コンテンツなら



◆しかし、3D データは、、、

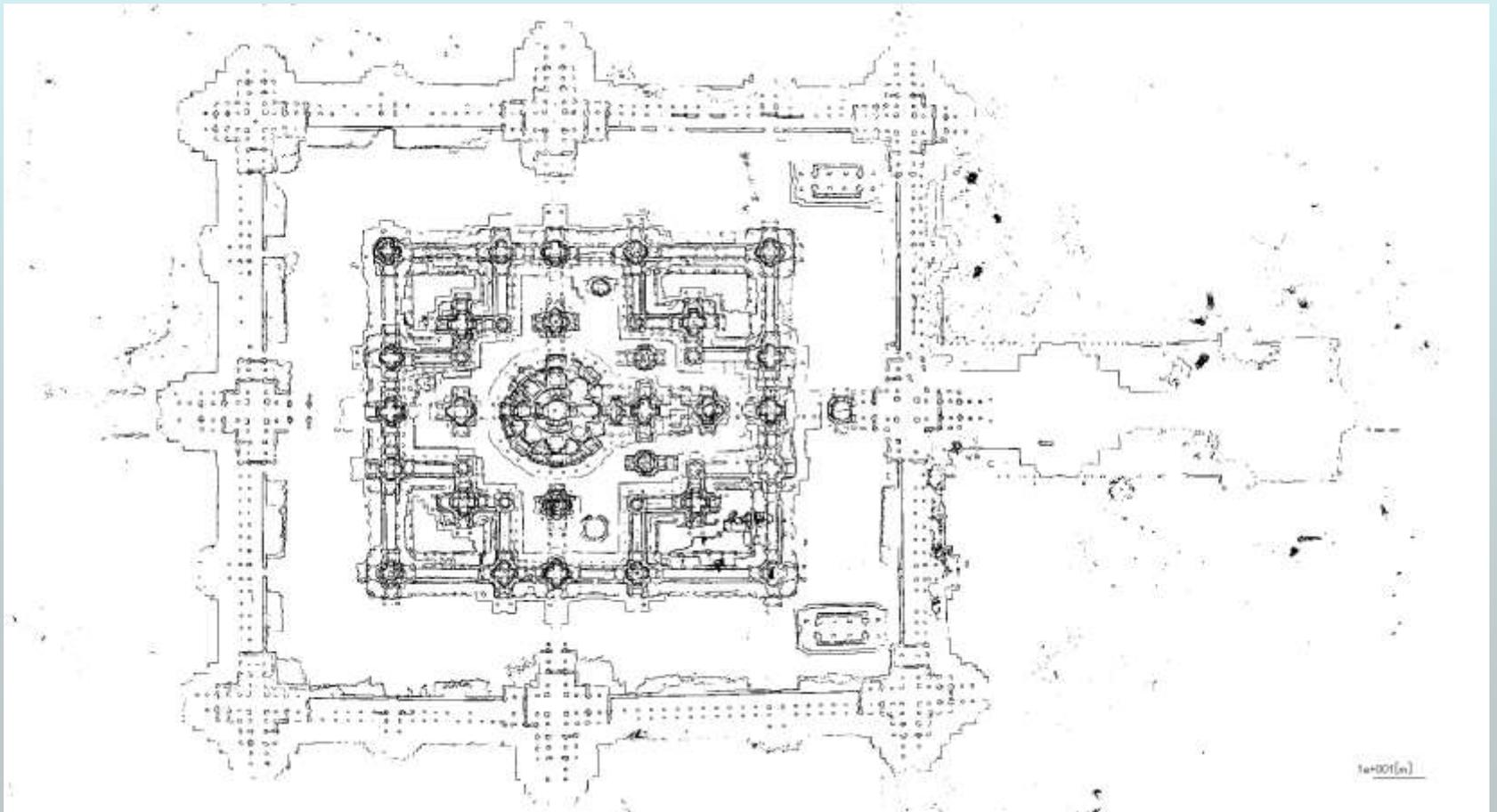
文化財の理解： サイバー考古学



ロボットの記憶を通じた人の理解

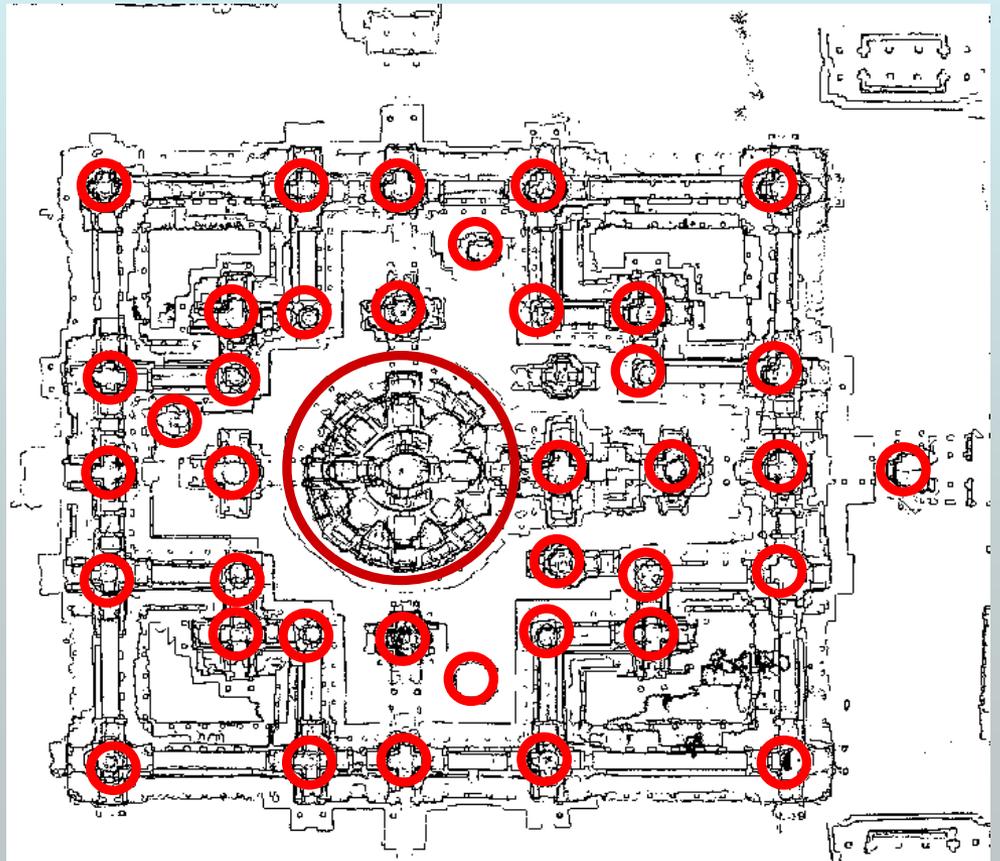
バイヨン全体の構造

- ◆ 東西軸より0.94度反時計周りに回転



バイヨン尊顔の解析

◆ 173の尊顔をスキャン



搭50の4面





Face3SE



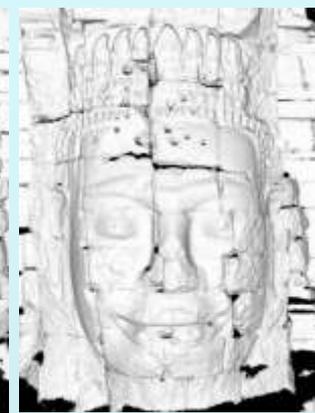
Face4S



Face5S



Face6W



Face7NW



Face8N



Face9NE



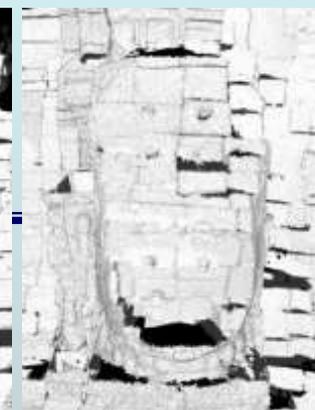
Face12S



Face13E



Face13N



Face13S



Face15E



Face15N



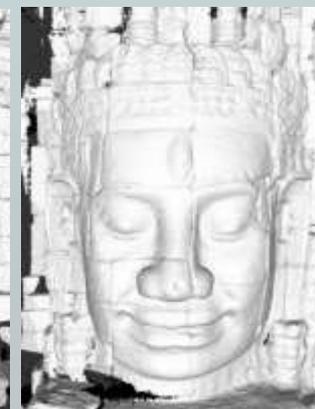
Face15S



Face15W



Face16E



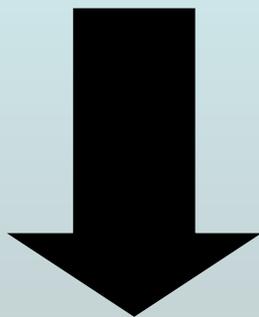
Face16N



Face16S

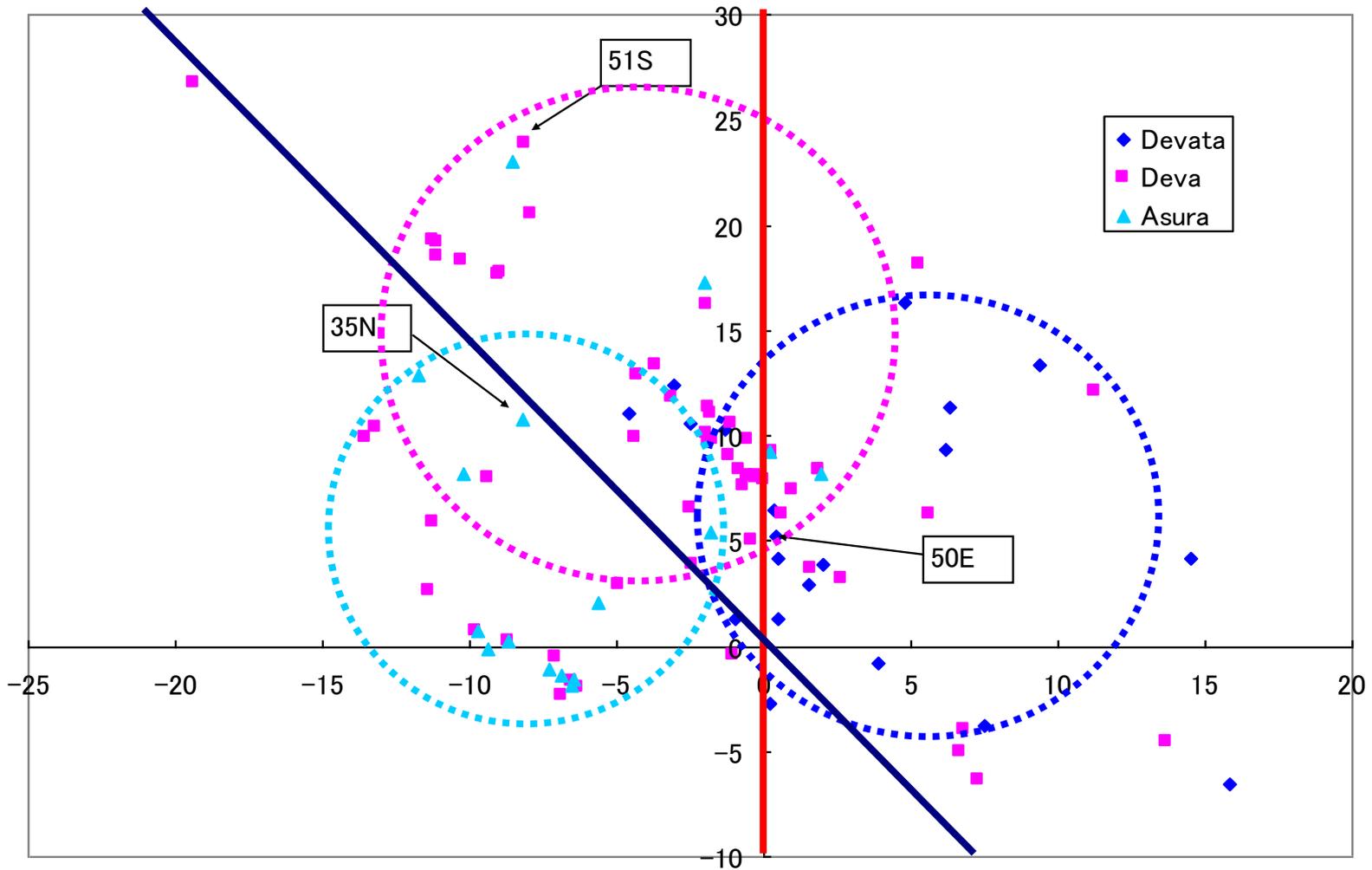
線形判別による顔分類

- ◆ 朴亨国武蔵野美大助教授 (JSA美術班) による分類を教師



判別関数から見る判別基準の可視化

教師つきクラスタリングの結果



解釈

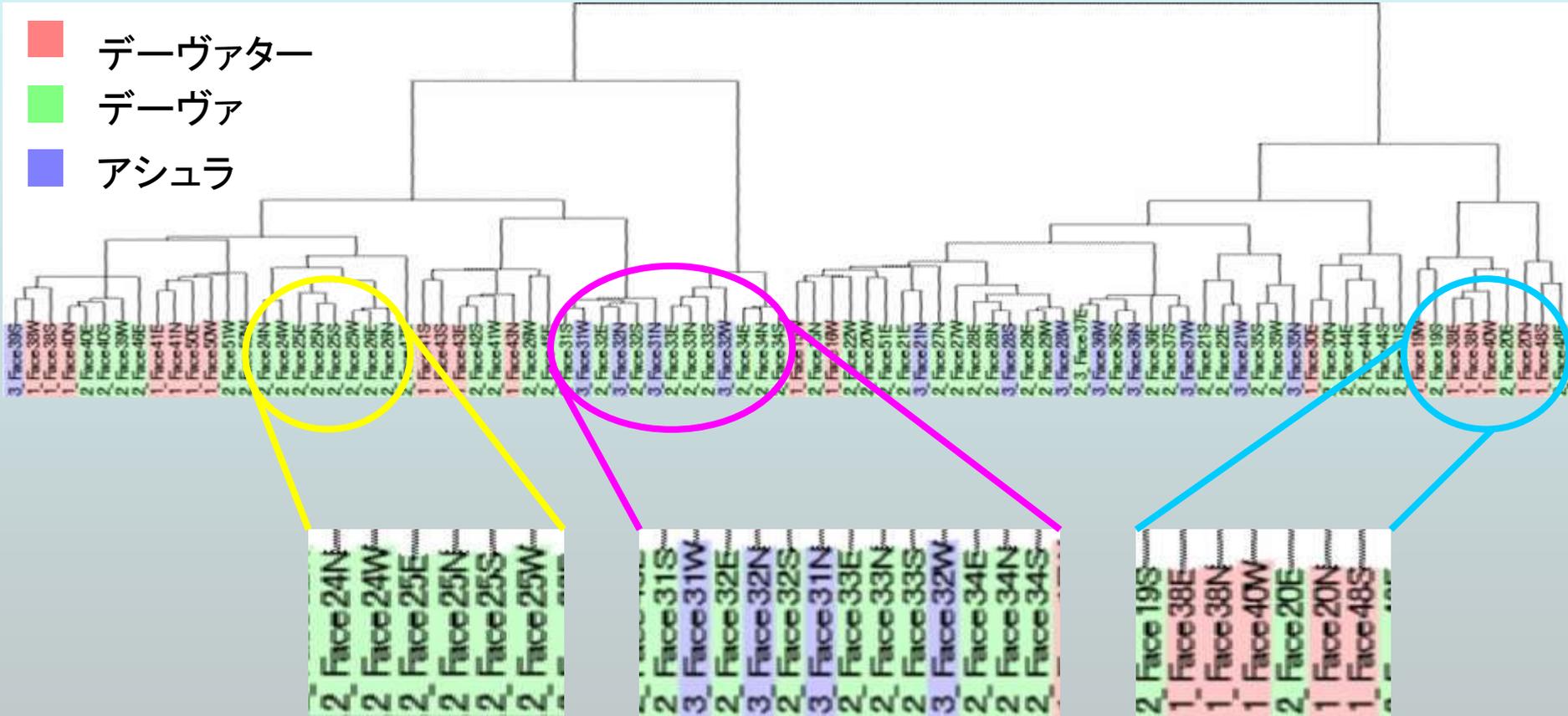
◆ 3種類に大分類可能

- デーヴァ
- デヴァター
- アシュラ



教師なしクラスタリングの結果

- デーヴァター
- デーヴァ
- アシュラ

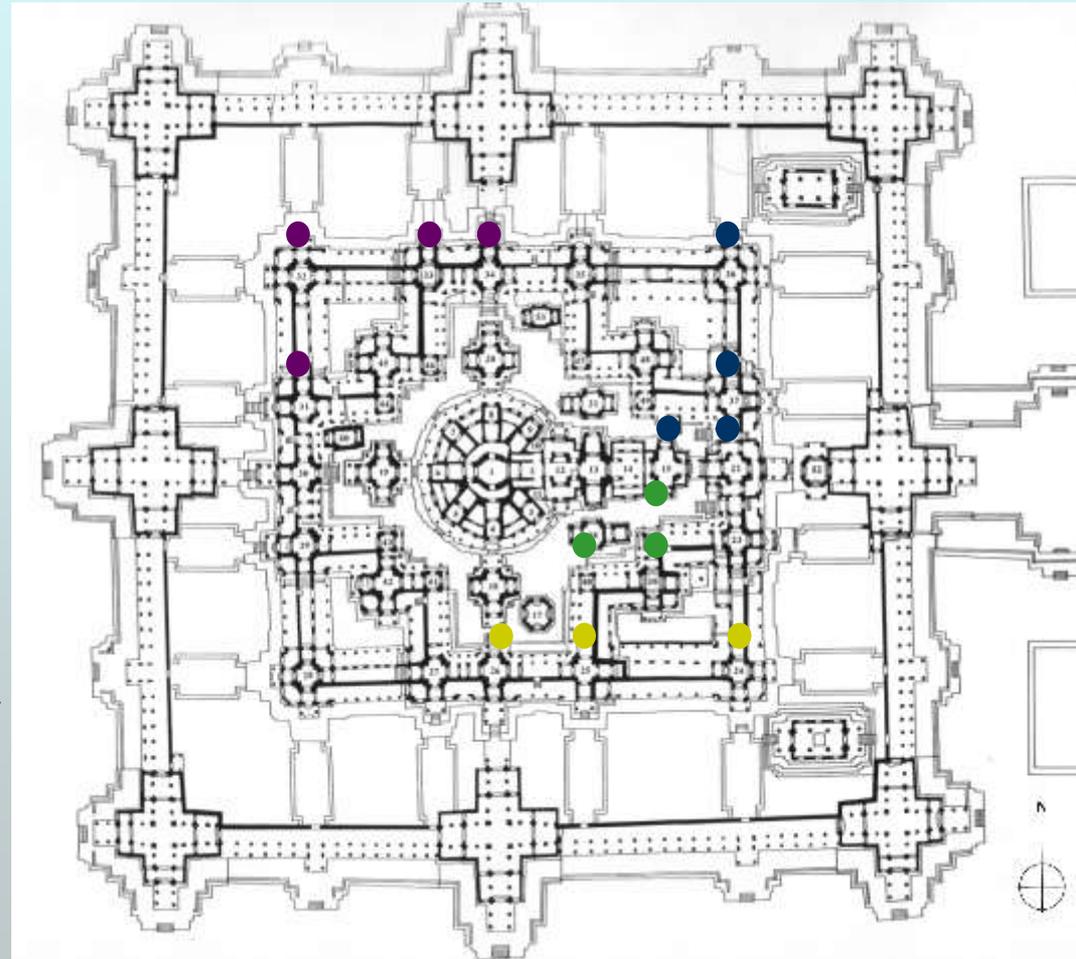


尊顔の制作背景

◆ 位置的に近い搭の間での尊顔類似

→ 複数の尊顔制作チームが存在

→ 同一チームが近隣を制作



画像出典「古墳」：池内克史、凸版印刷株式会社「王塚古墳に関するデジタル画像」、「弁慶ヶ丘古墳に関するデジタル画像」、「日岡古墳に関するデジタル画像」、「千金甲古墳に関するデジタル画像」、「乗場古墳に関するデジタル画像」、「桜京古墳に関するデジタル画像」、「田代太田古墳に関するデジタル画像」、「珍敷塚古墳に関するデジタル画像」、「弘化谷古墳に関するデジタル画像」、「石人山古墳に関するデジタル画像」より

九州装飾古墳群



王塚 (2005)



弁慶 (2006)



うきは市教育委員会の許可を得て掲載

日岡 (2007)



千金甲 (2008)



乗場 (2009)



桜京 (2010)



田代太田 (2011)



うきは市教育委員会の許可を得て掲載

珍敷塚 (2012)



弘化谷 (2013)



石人山 (2014)

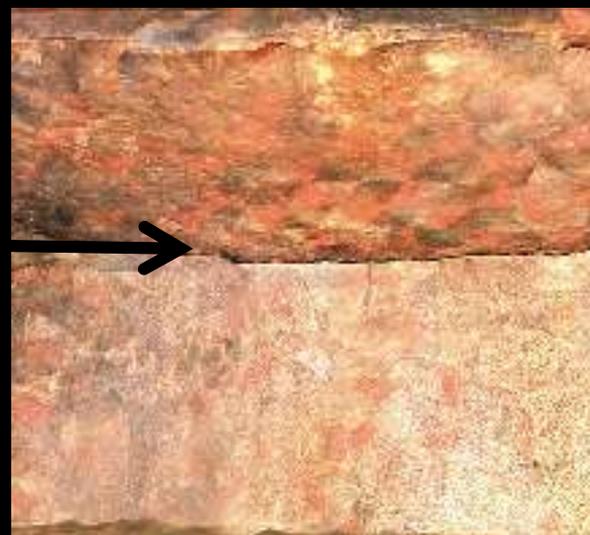
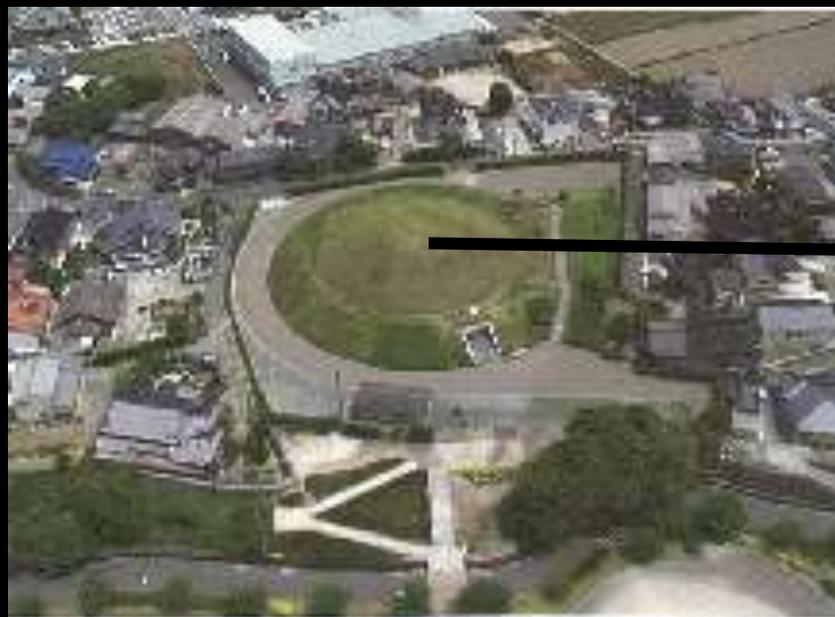
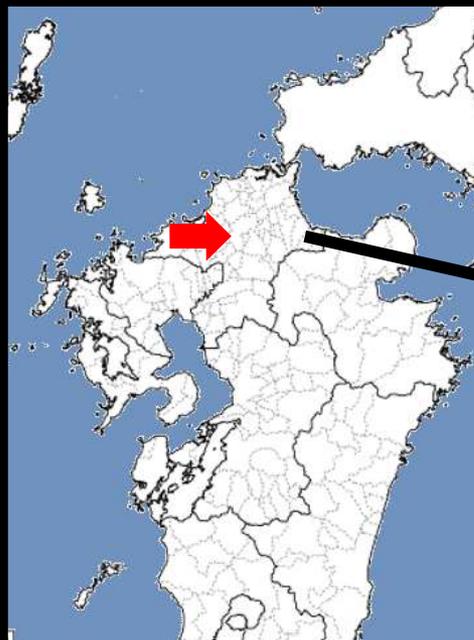
王塚

6世紀

福岡県桂川町

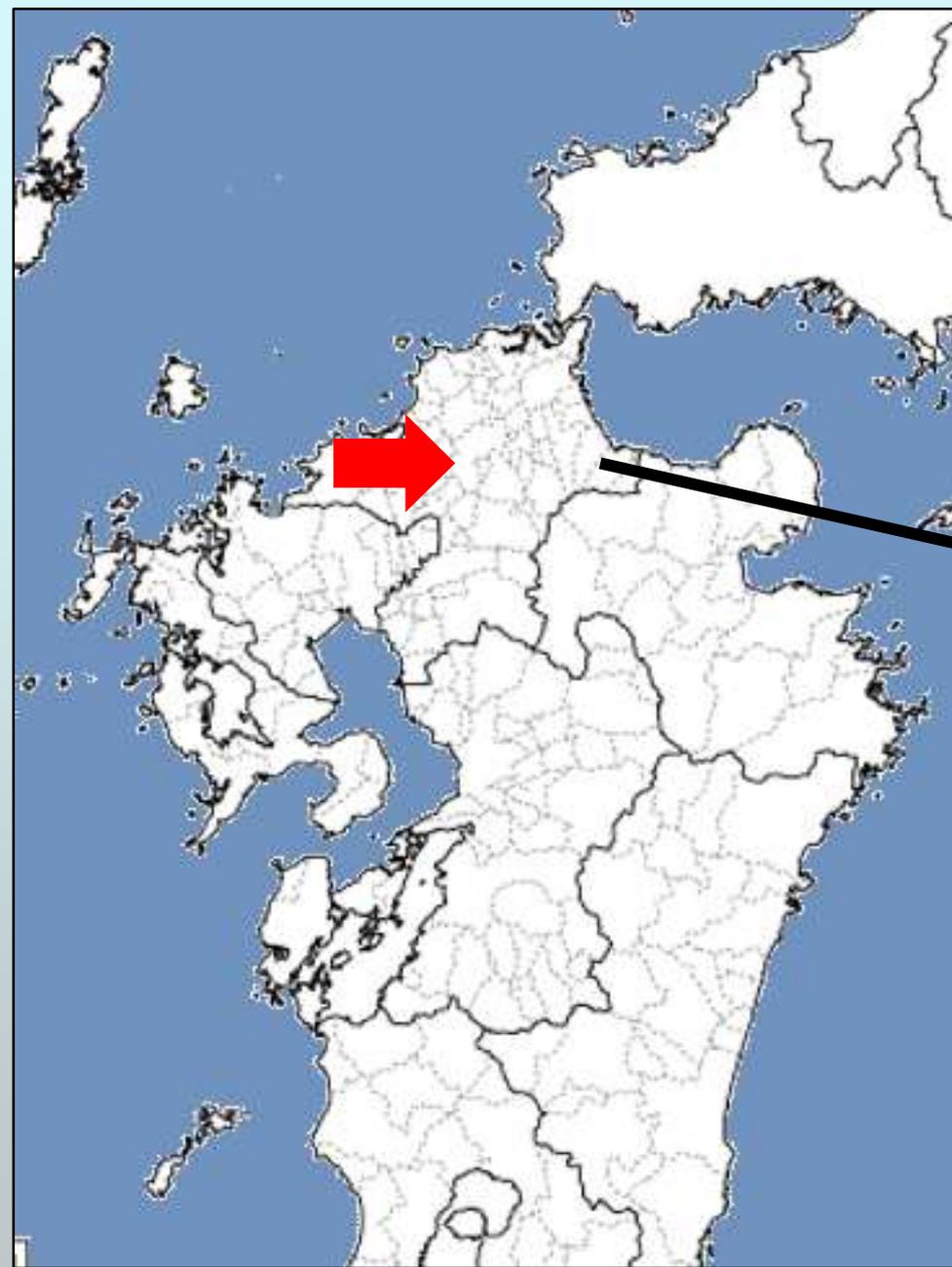
彩色壁画

九博の常設展示コンテンツ

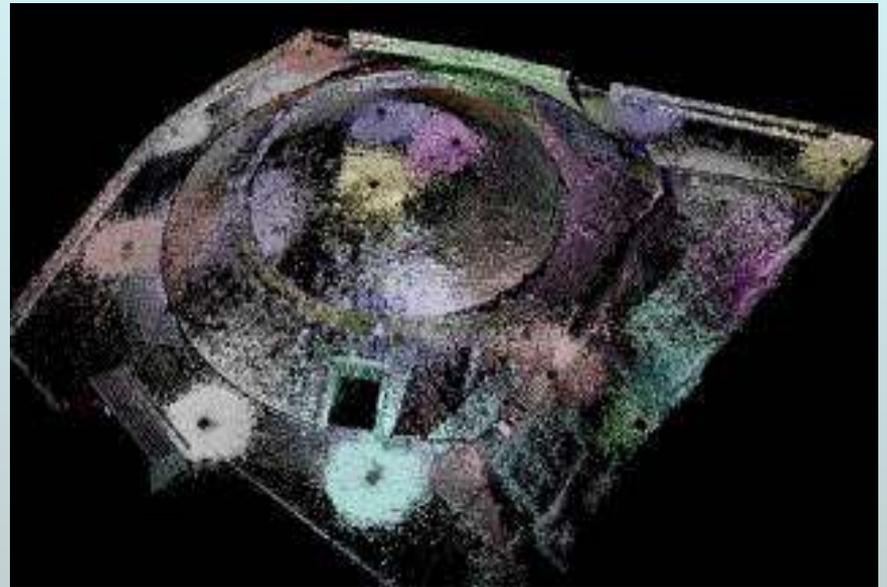
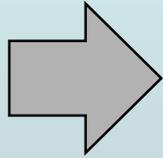


*

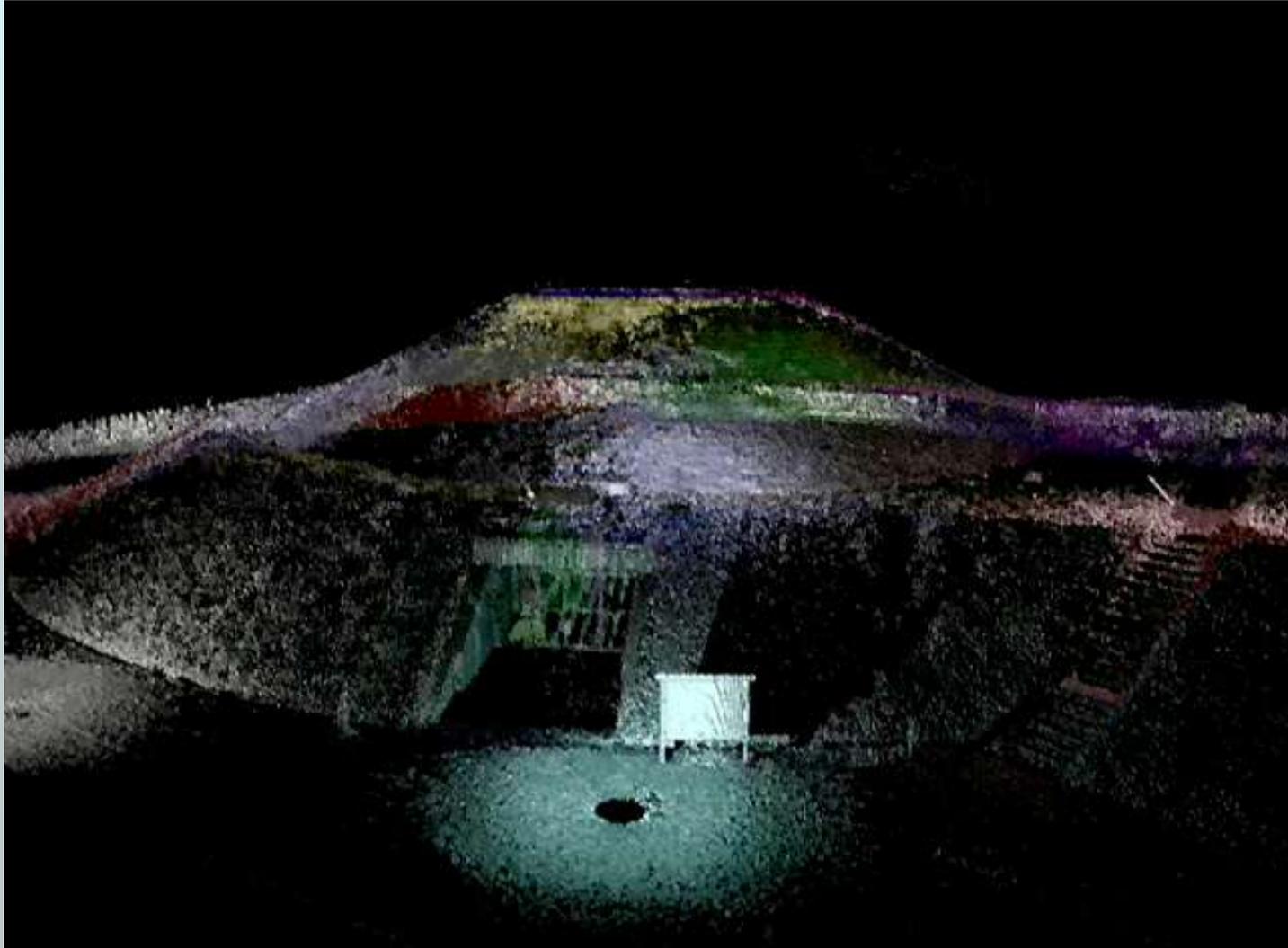
画像出典[古墳外観・内部]:池内克史、凸版印刷株式会社
「王塚古墳に関するデジタル画像」より



形状モデル



墳丘全体

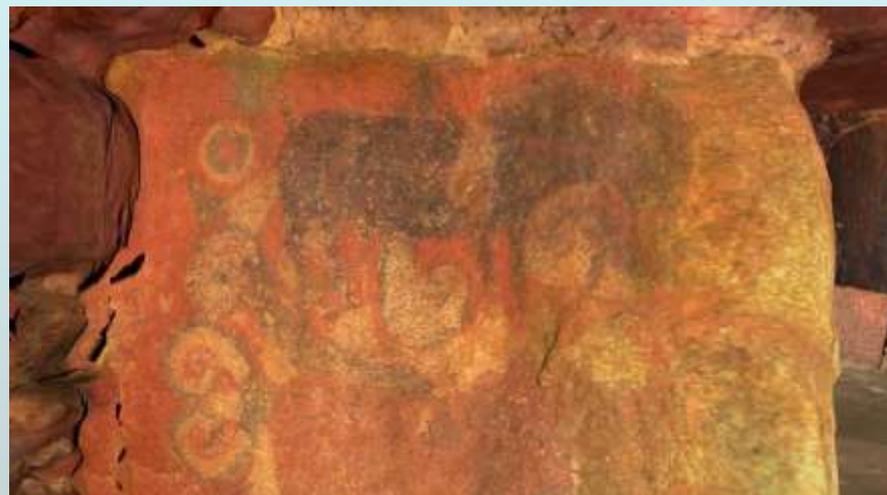


見えのシミュレーション

松明



太陽光



- ◆ 太陽光のもとでしか判別出来ない線
- ◆ 太陽光のもとで行われた？

桜京



6世紀

複室の横穴式石室

線刻の分割線

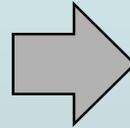
+

三角紋彩色

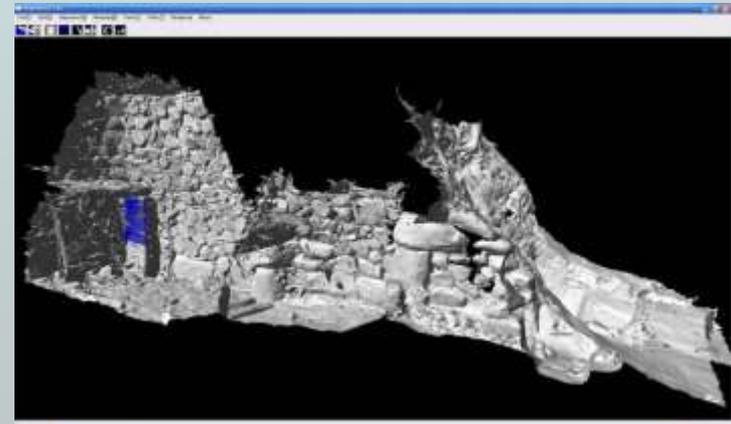
形状モデル



* 画像出典: 池内克史、凸版印刷株式会社
「桜京古墳に関するデジタル画像」より



外部



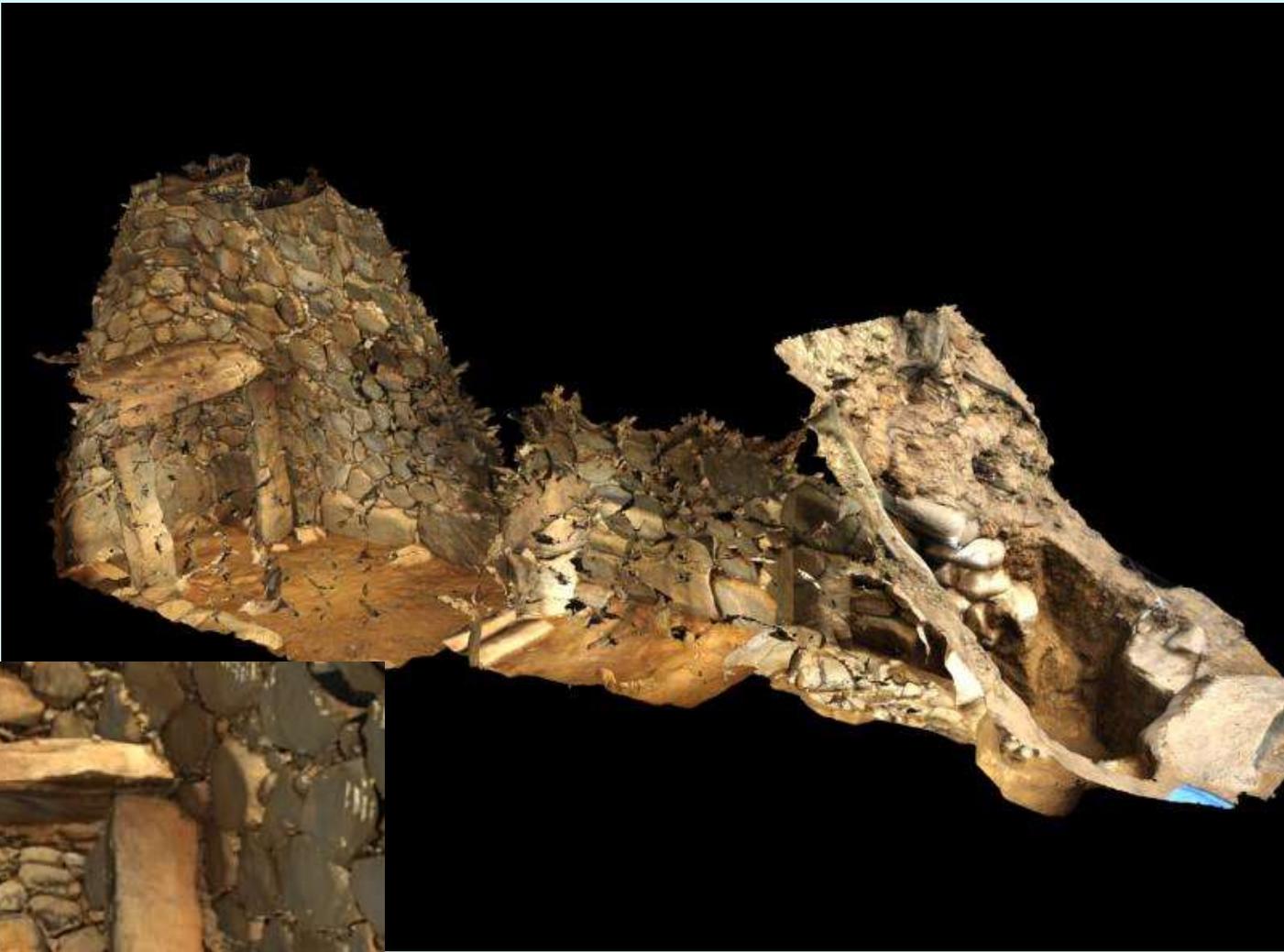
内部

光学モデル



*

*



画像出典：池内克史、凸版印刷株式会社
「桜京古墳に関するデジタル画像」より

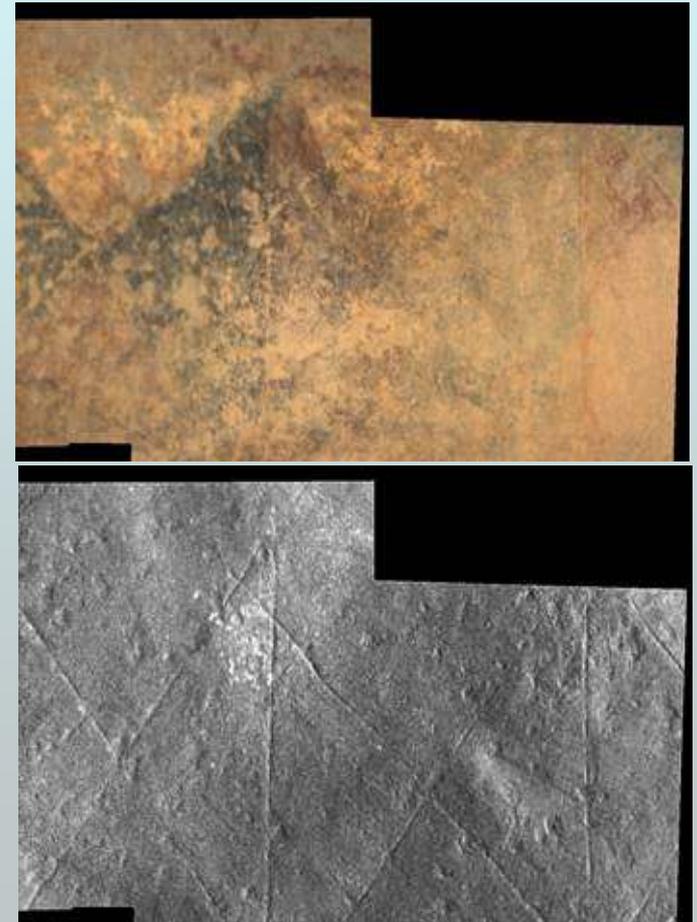
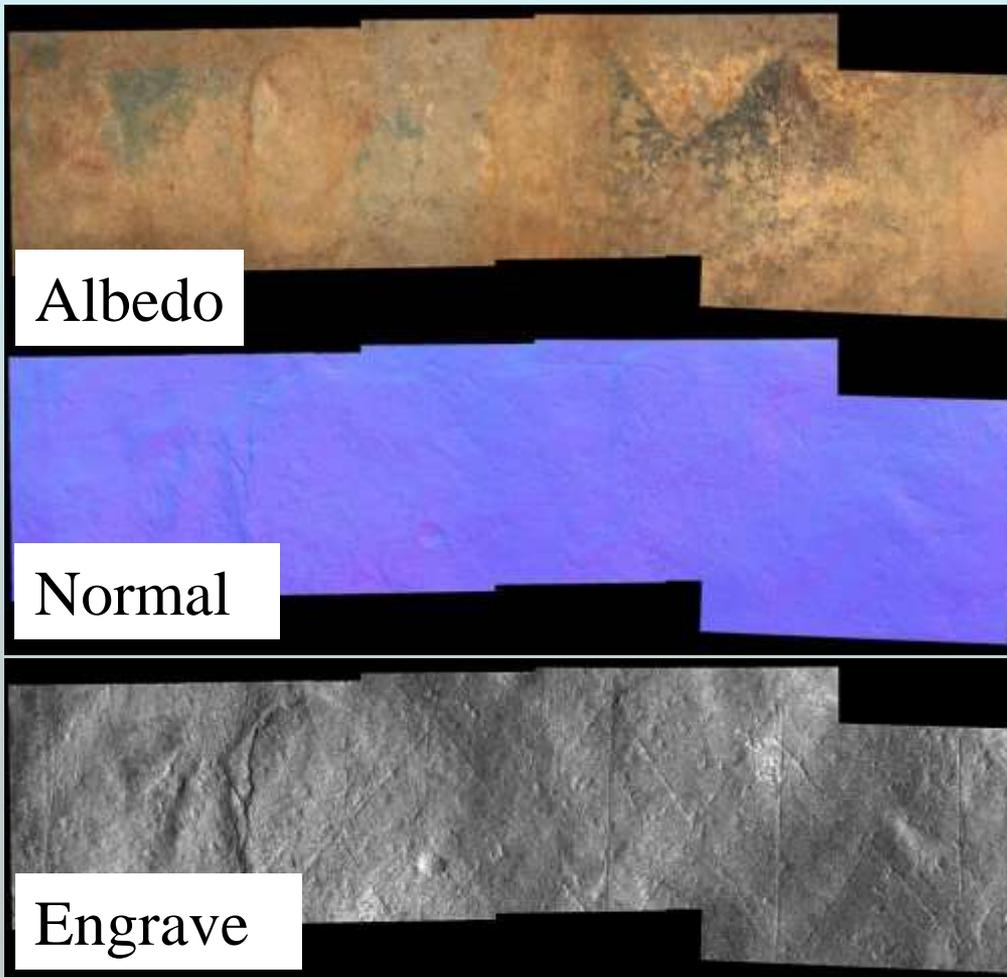
Photometric wing による精密形状



*

画像出典: 池内克史、凸版印刷株式会社
「桜京古墳に関するデジタル画像」より

新発見: 線刻と彩色のずれ



乗場



*

画像出典：池内克史、
凸版印刷株式会社
「乗場古墳に関する
デジタル画像」より



八女市

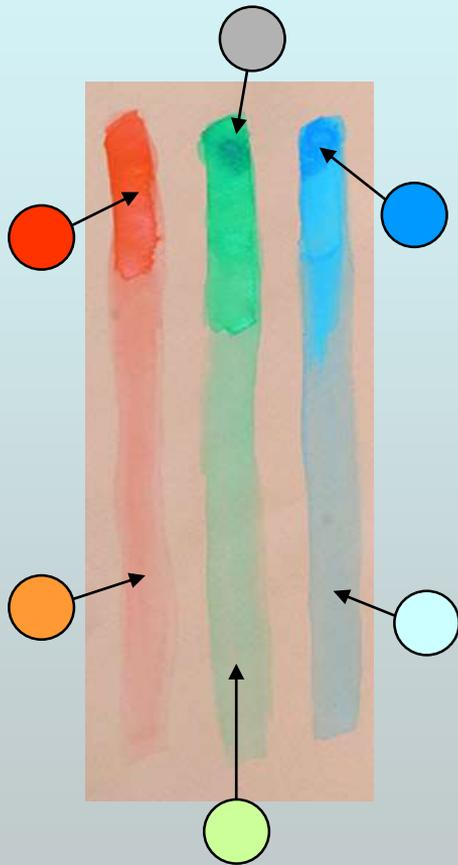
掠れた彩色の解析



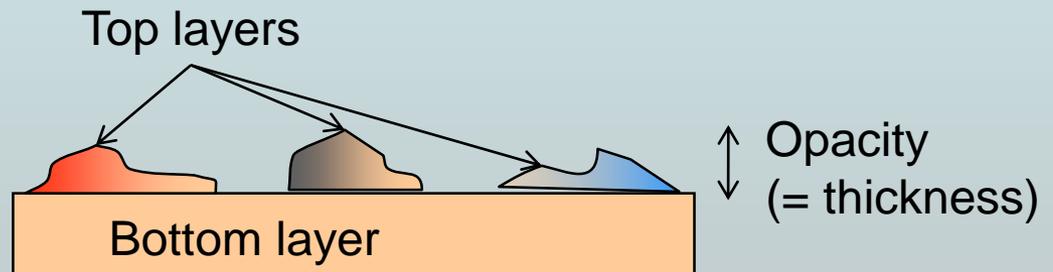
* 画像出典: 池内克史、凸版印刷株式会社
「乗場古墳に関するデジタル画像」より

層状面のモデル

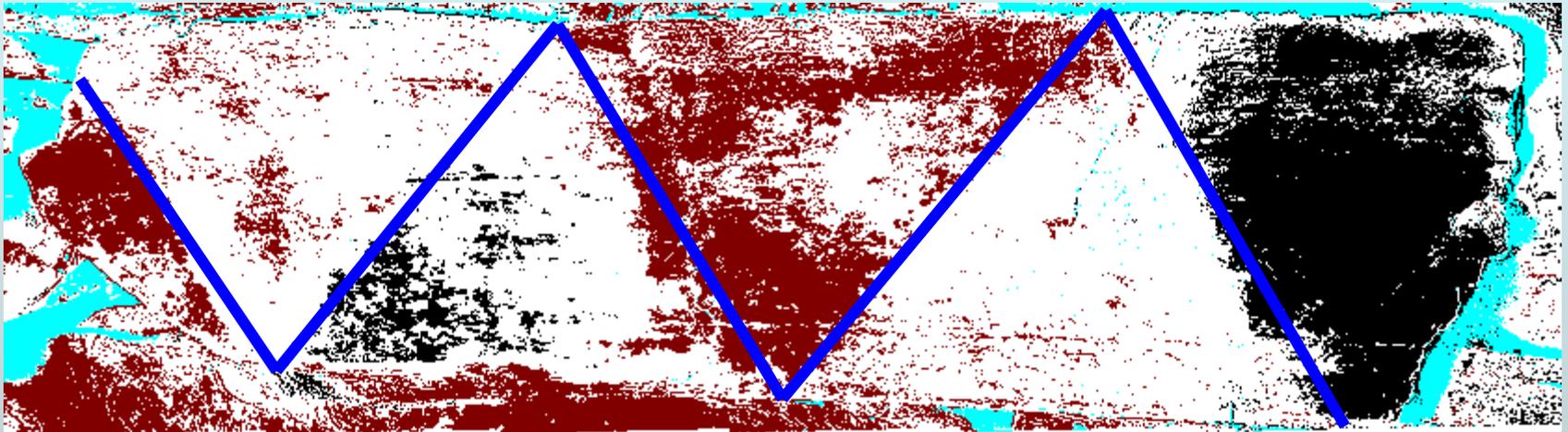
見えは、下層と上層の混合



Watercolor
painting

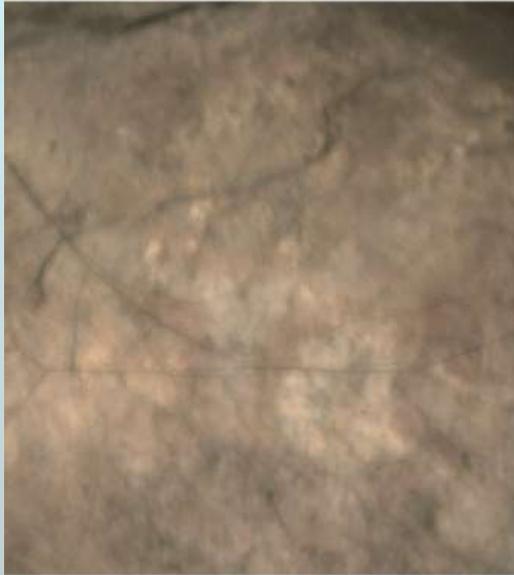


三角紋の抽出

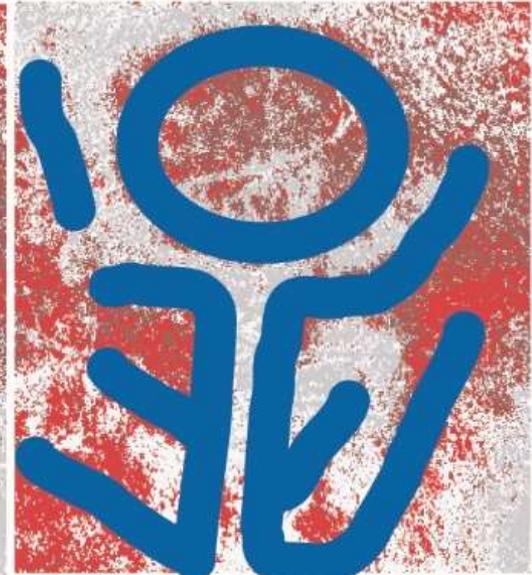


* 画像出典: 池内克史、凸版印刷株式会社
「乗場古墳に関するデジタル画像」より

乗場古墳における 双脚輪状文？



(a) 計測領域



※双脚輪状紋予想図

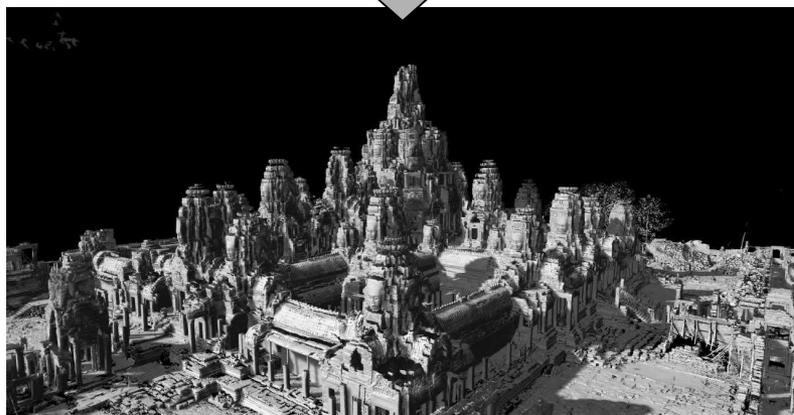
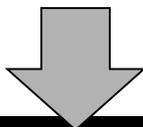
(b) 検出された紋様

* 画像出典：池内克史、凸版印刷株式会社
「乗場古墳に関するデジタル画像」より

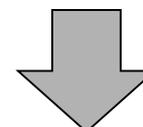
有形文化財モデル化のまとめ

- ◆ 読む技術： モデリング
 - センサー開発
 - ソフトウェア開発
- ◆ 書く技術： 展示技術
 - スマートツーリズム
 - 複合現実感展示
- ◆ 理解技術： サイバー考古学
 - 形情報： バイヨンなど
 - 色情報： 九州装飾古墳群

文化財アーカイブ



有形



無形

無形文化財の読み書き

- ◆ 民族の踊り： 一つの文化の中心
- ◆ 民族踊りをロボットの動きとして保存
- ◆ しかし、なぜロボットの動きか？
- ◆ ビデオで保存するだけではいけないのか？

ヒューマノイドロボットによる日本民族舞踊の再現

なぜロボット表現か？

- ◆ 舞踊の動きの保存だけでなく、
- ◆ 動きの理解につながる

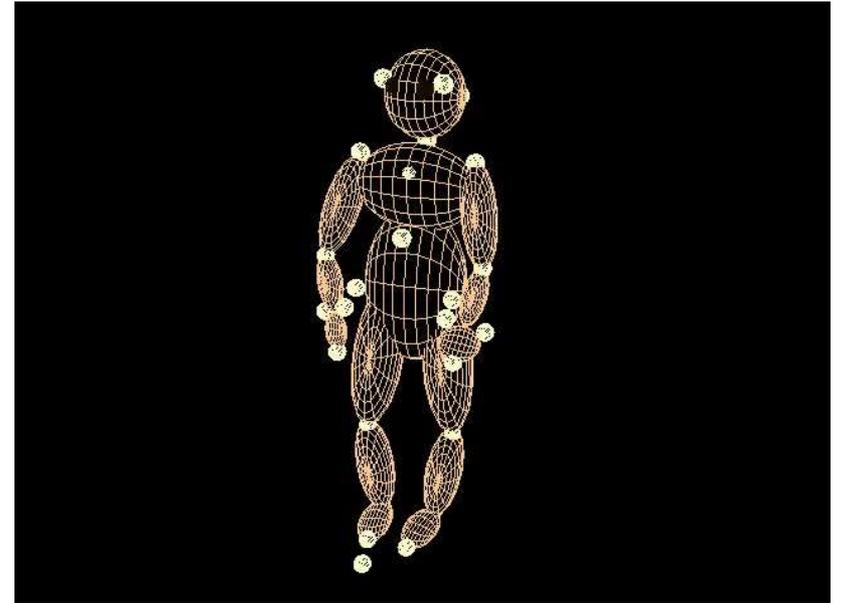
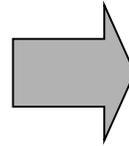
人間行動観察学習パラダイム

ロボットが観察から行動できるか？



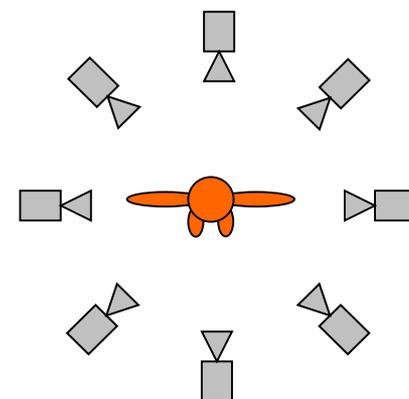
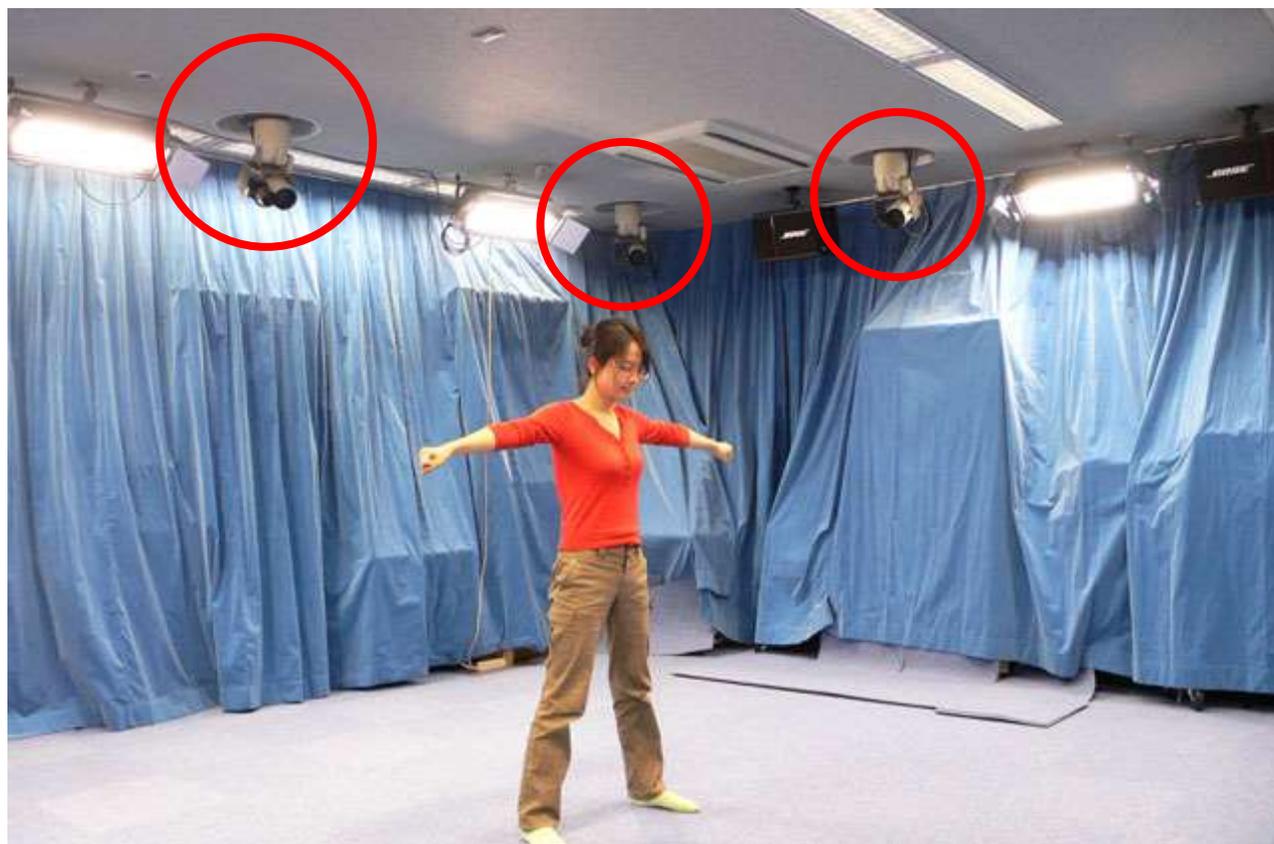
觀察

観察の方式



モーキャプ(光学)

多視点画像



カメラ配置

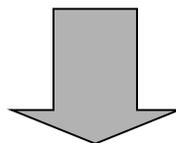
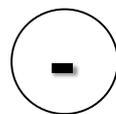
1台目のビデオ



背景差分



ビデオ画像

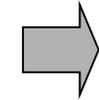
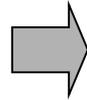
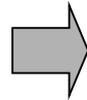


背景

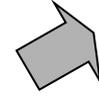
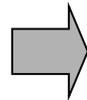


人物領域

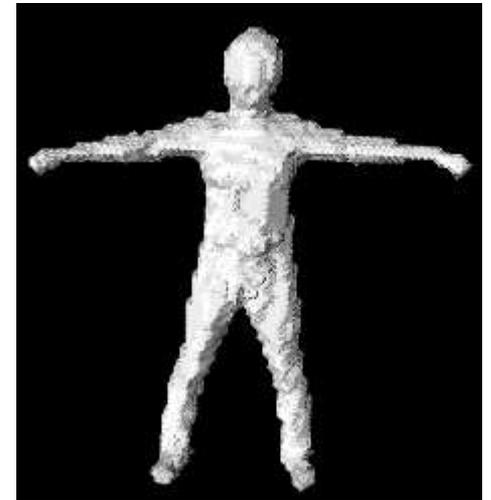
複数方向から



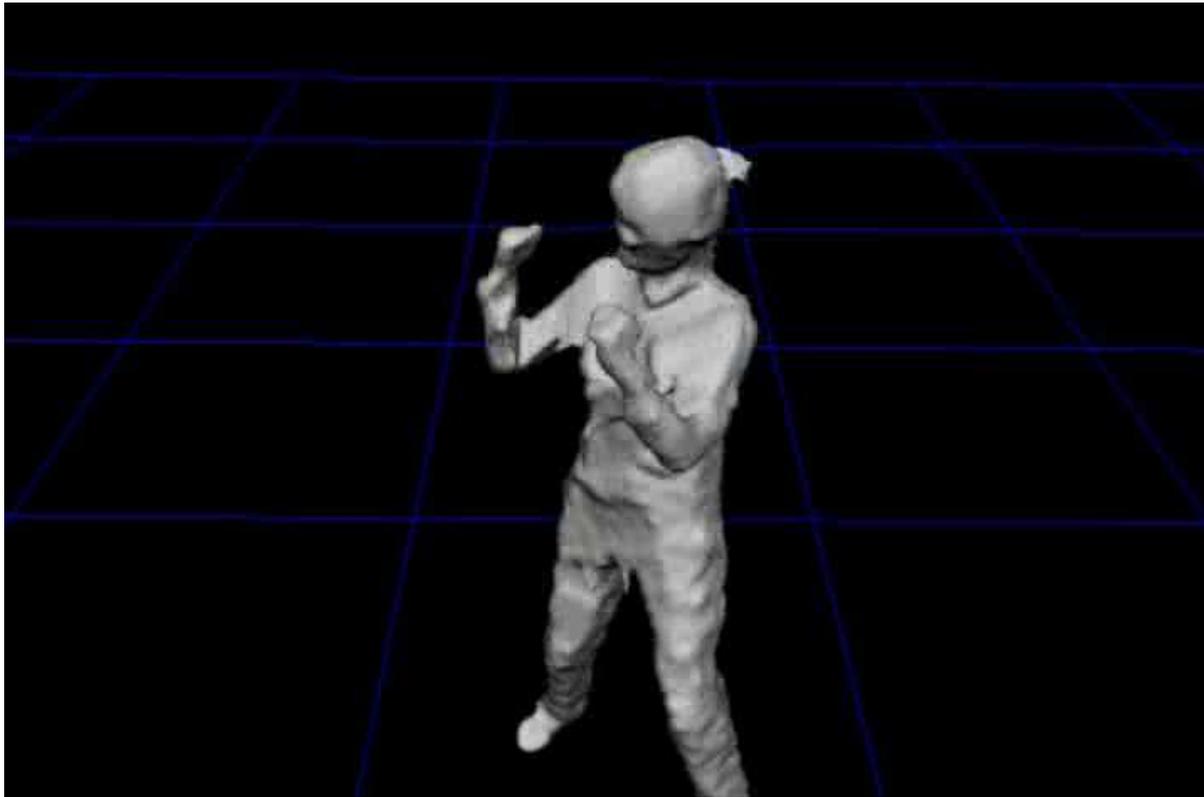
...



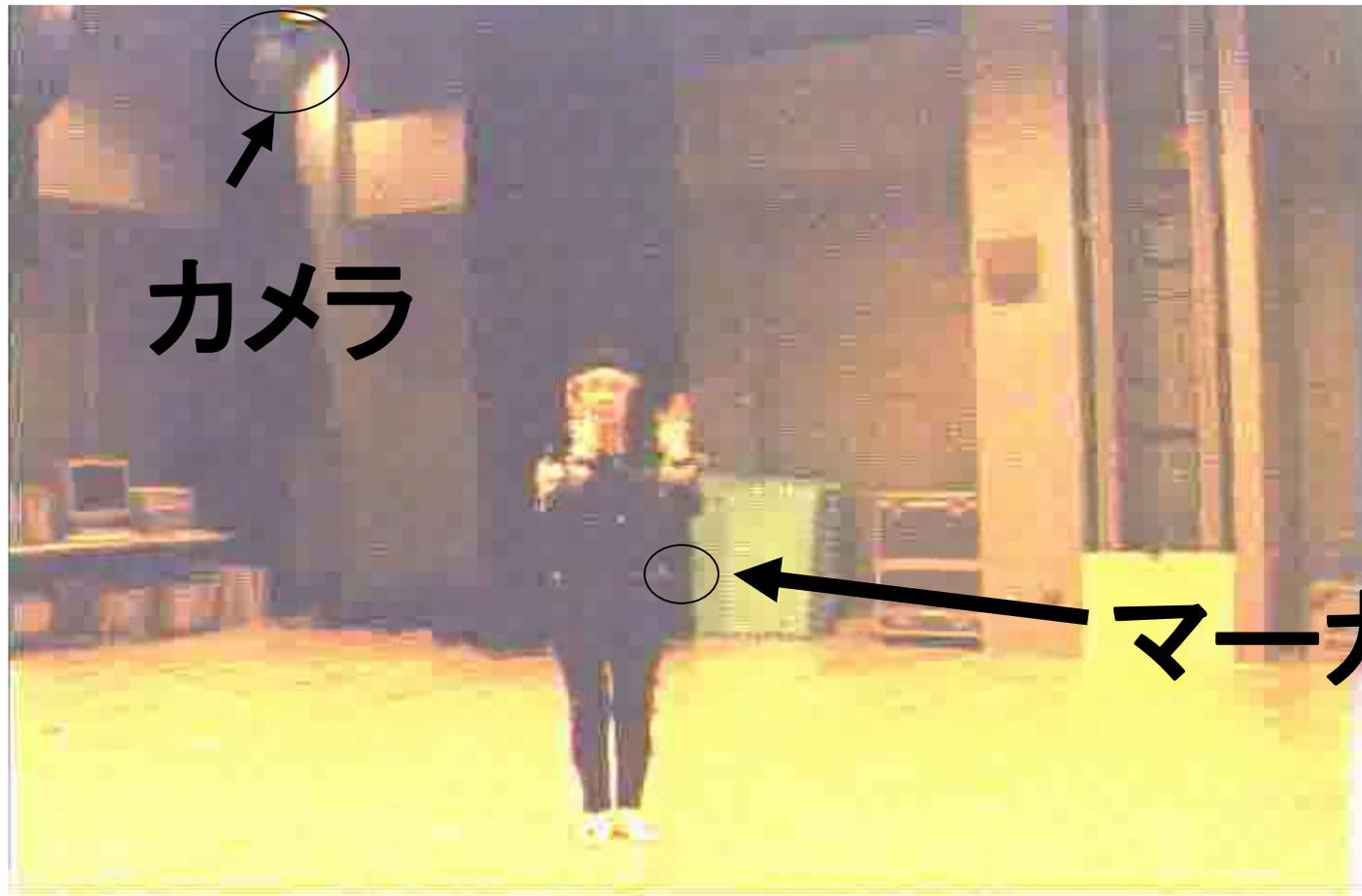
...



3Dデータ



光学式モーションキャプチャ



カメラ

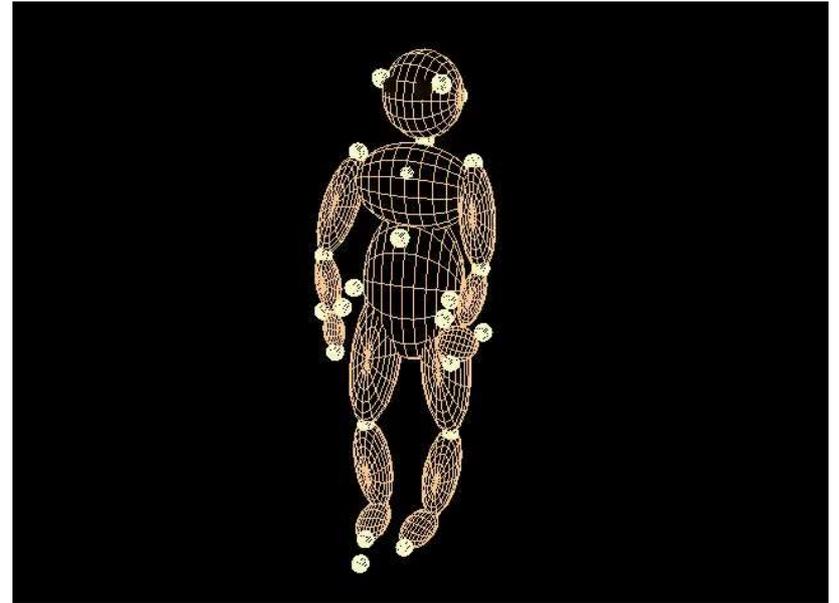
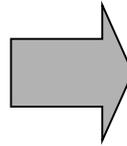
マーカー

会津磐梯山踊り(会津民謡玉水会・山田師範)
モーションキャプチャシステム協力 会津大学

磁気式モーショントラッキング



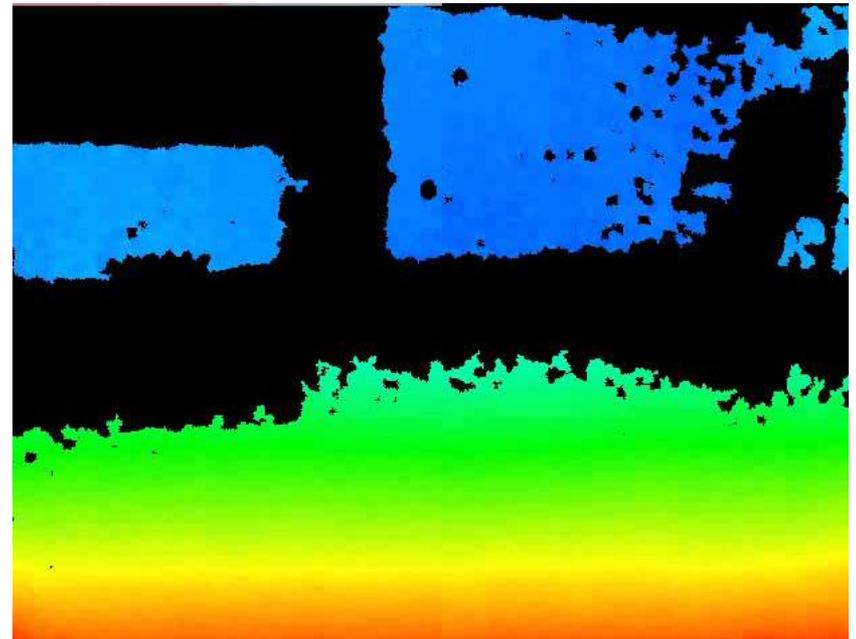
モーションキャプチャ



キネクト



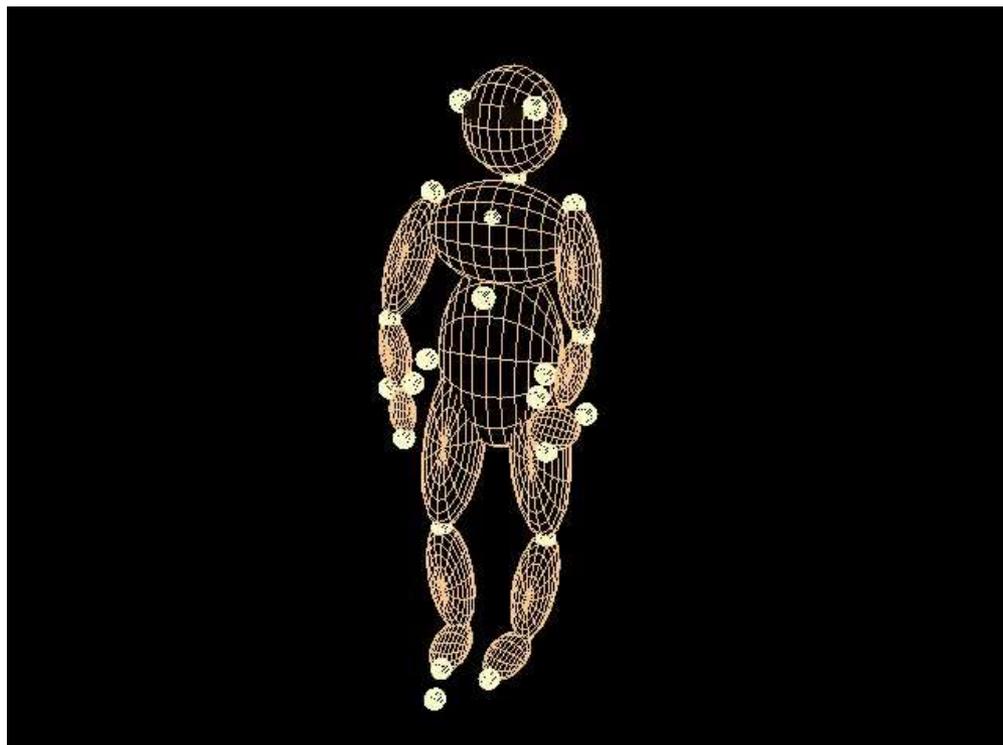
Image by James Pfaff, from Wikimedia Commons [CC BY 2.0](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kinect_Sensor_at_E3_2010_%28front%29.jpg)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kinect_Sensor_at_E3_2010_%28front%29.jpg



得られたモーシヨン



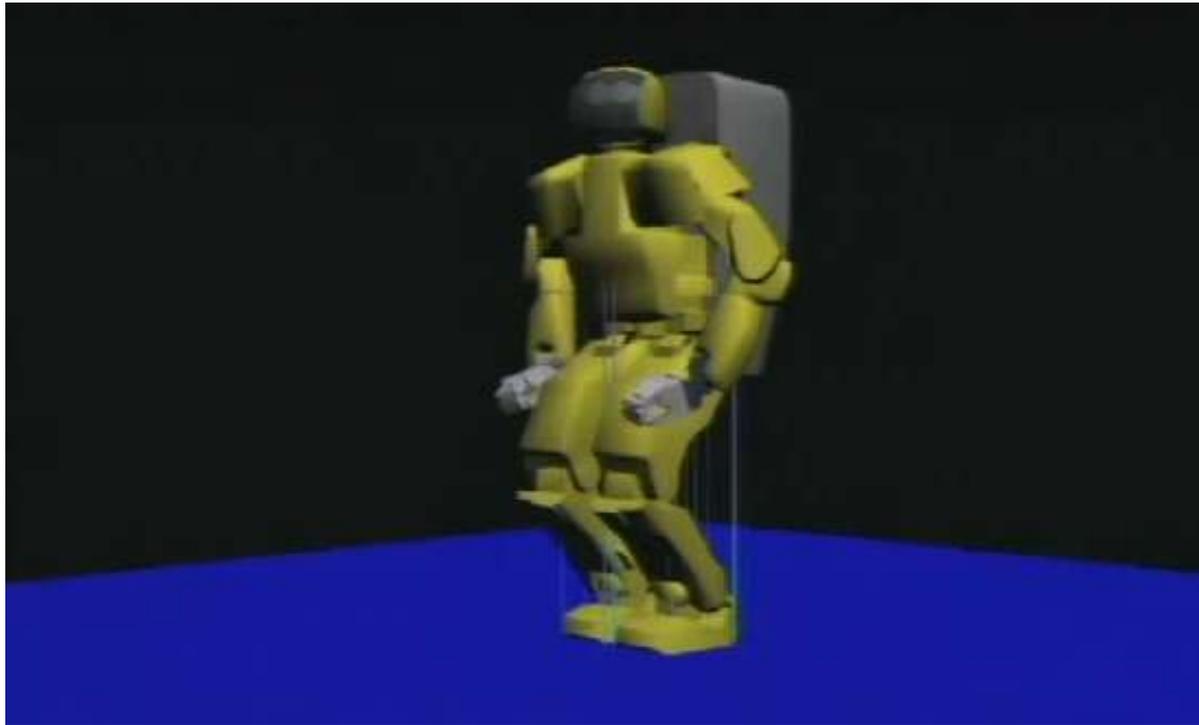
観察もいろいろあり進歩しつつあるが
とりあえず、、、
きっちり動きが得られたと仮定



◆ ジョイントアングルがわかる

◆ 理論的にロボットは、完全に真似ができるはず、

しかし、単純にやると



AIST dynamic simulator

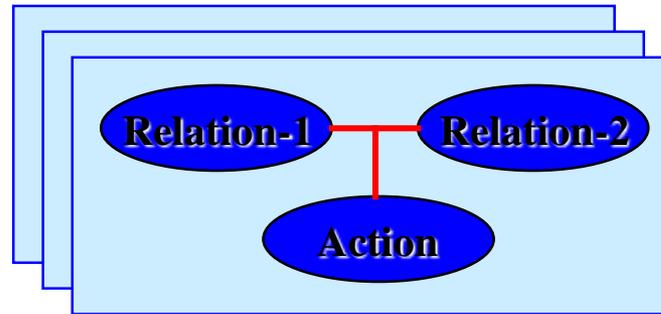
問題点

- ◆ ロボットと人間の間の中
 - 機構学的差異
 - 動力学的差異
- ◆ 実際は、教師と生徒の間でも

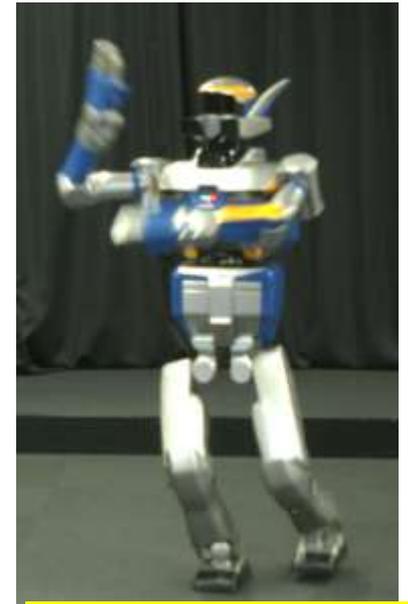
人間行動観察学習のパラダイム



見る



基本表現



おどる

単純にまねる
のではなく

基本的表現の取得

◆ ボトムアップ

- すべてを学習で
- 脳科学・行動科学
- 国吉、中村、川人

◆ トップダウン

- 物理学、数学、ロボティクスを利用して天下り的に設計
- 基本表現にもとづき観察

トップダウンアプローチ
人間行動観察学習

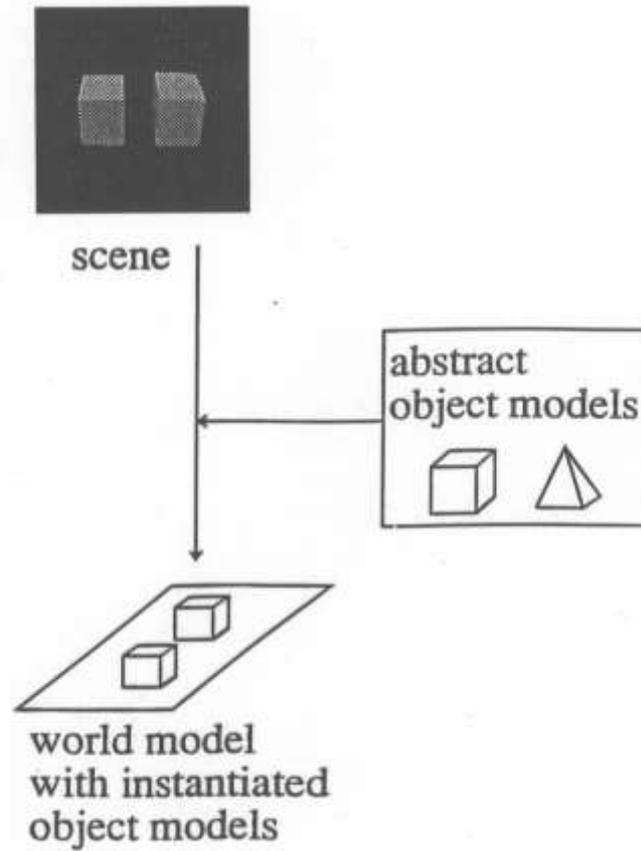
人間行動観察学習の出だし

トップダウンアプローチ

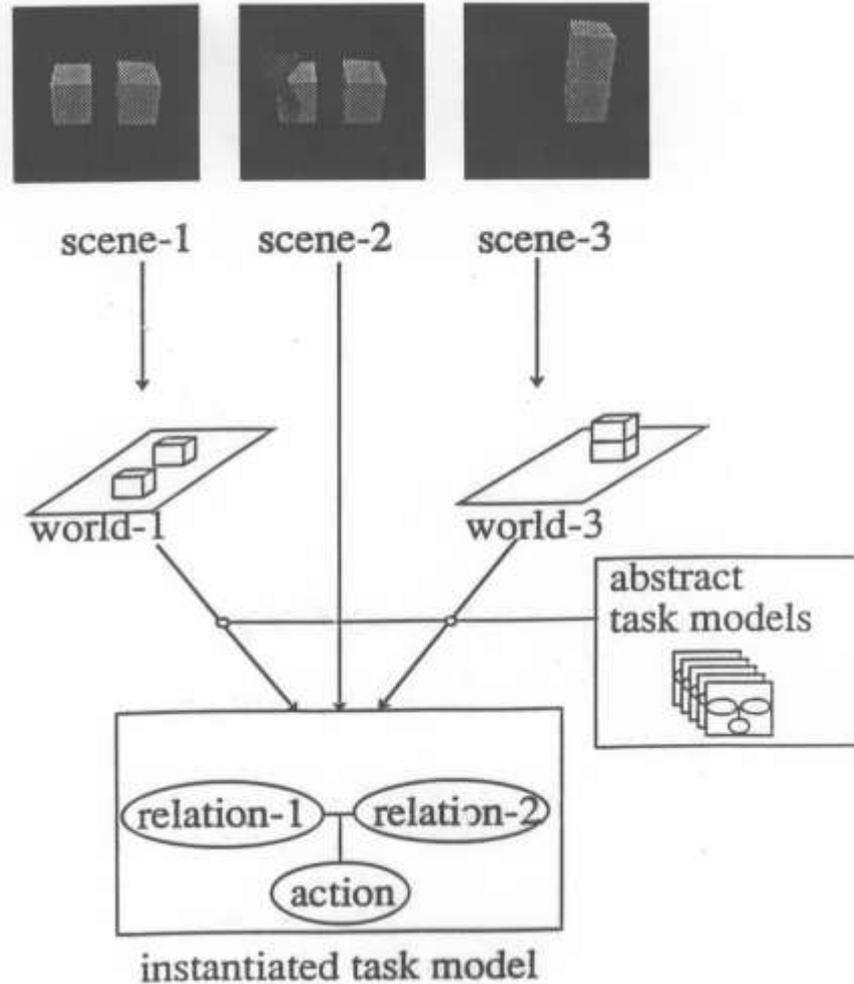


*

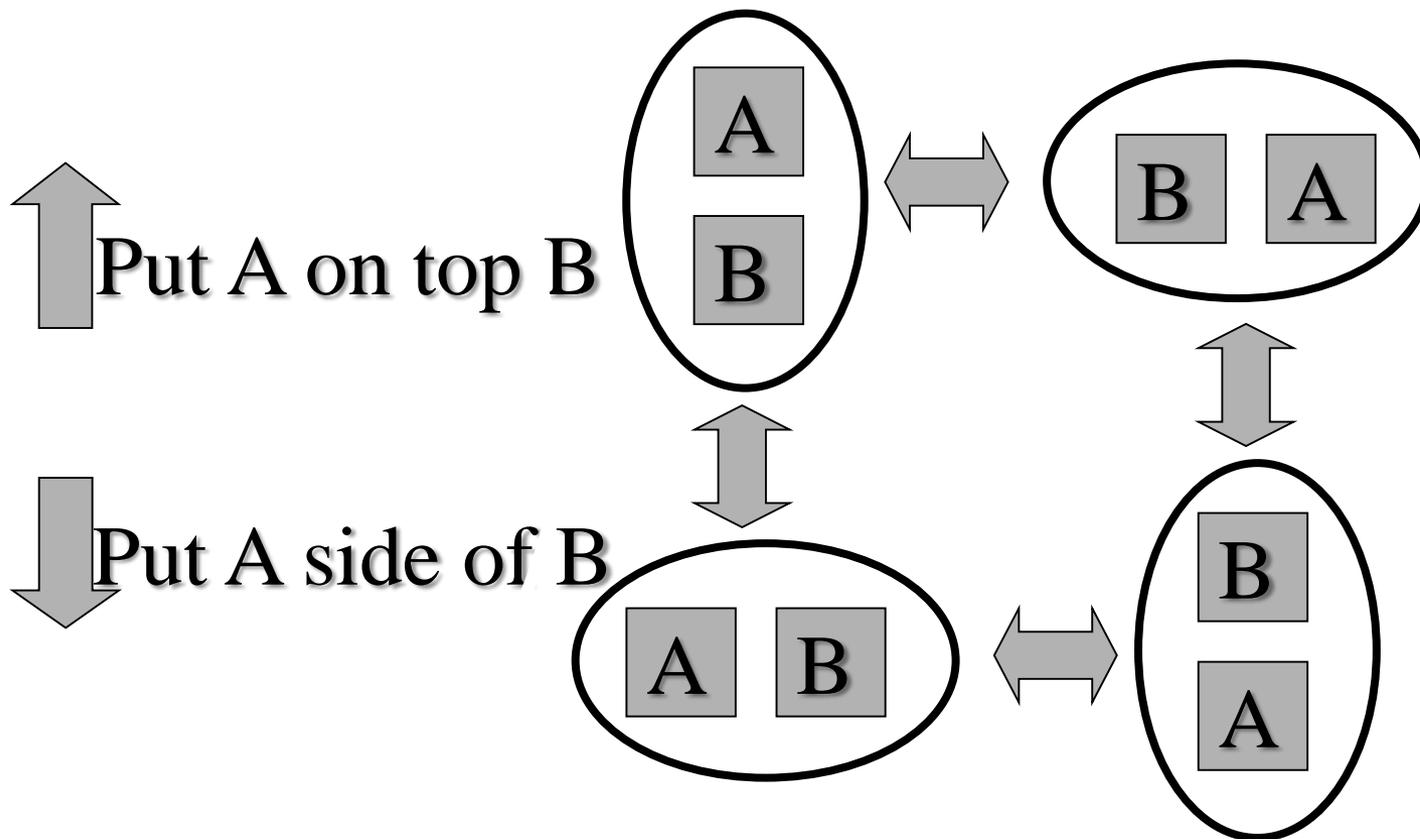
物体認識



タスク認識

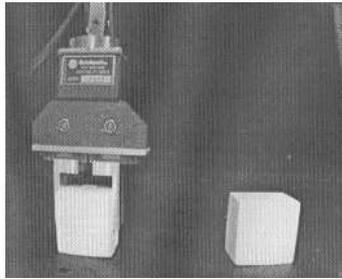


状態遷移 = タスク

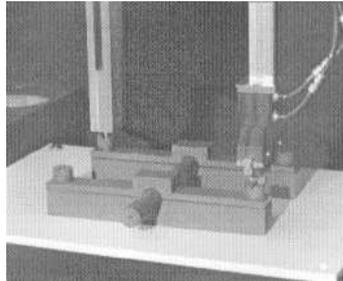


基本表現の模索

2個のブロック



機械部品



日常生活品



全身運動(民謡)

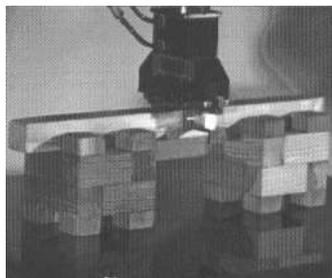


1988

1990

2000

2010



多面体



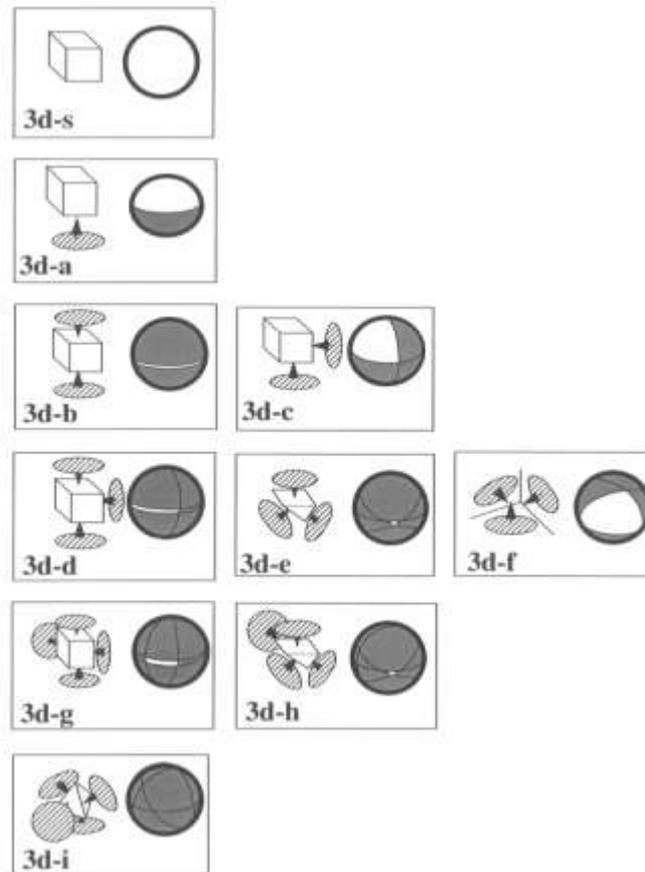
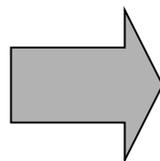
柔軟物(ロープ)

面接触ベース

多面体物体世界

全接觸狀態(10狀態)

Kuhn Tucker
理論

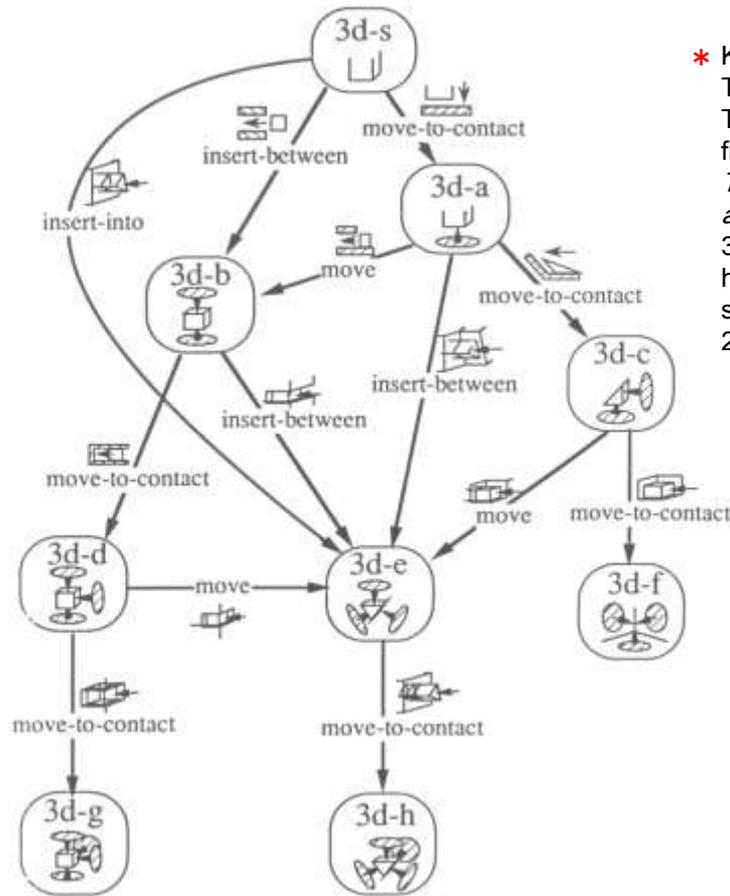


単純な考え

- ◆ 始めの状態 -- 10状態
- ◆ 終わりの状態 -- 10状態
- ◆ 理論的な可能な遷移:
10状態 x 10状態 = 100の可能な遷移
- ◆ 事実は！

13の状態遷移のみ

Ikeuchi & Suehiro IEEE TRA94



* Katsushi Ikeuchi and Takashi Suehiro (1994) Toward an Assembly Plan from Observation, *IEEE Transactions on Robotics and Automation* 10(3):368-385, p.378, Fig.11 http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=294211&tag=1

13の面接触状態の遷移 →13のロボットタスク

観察



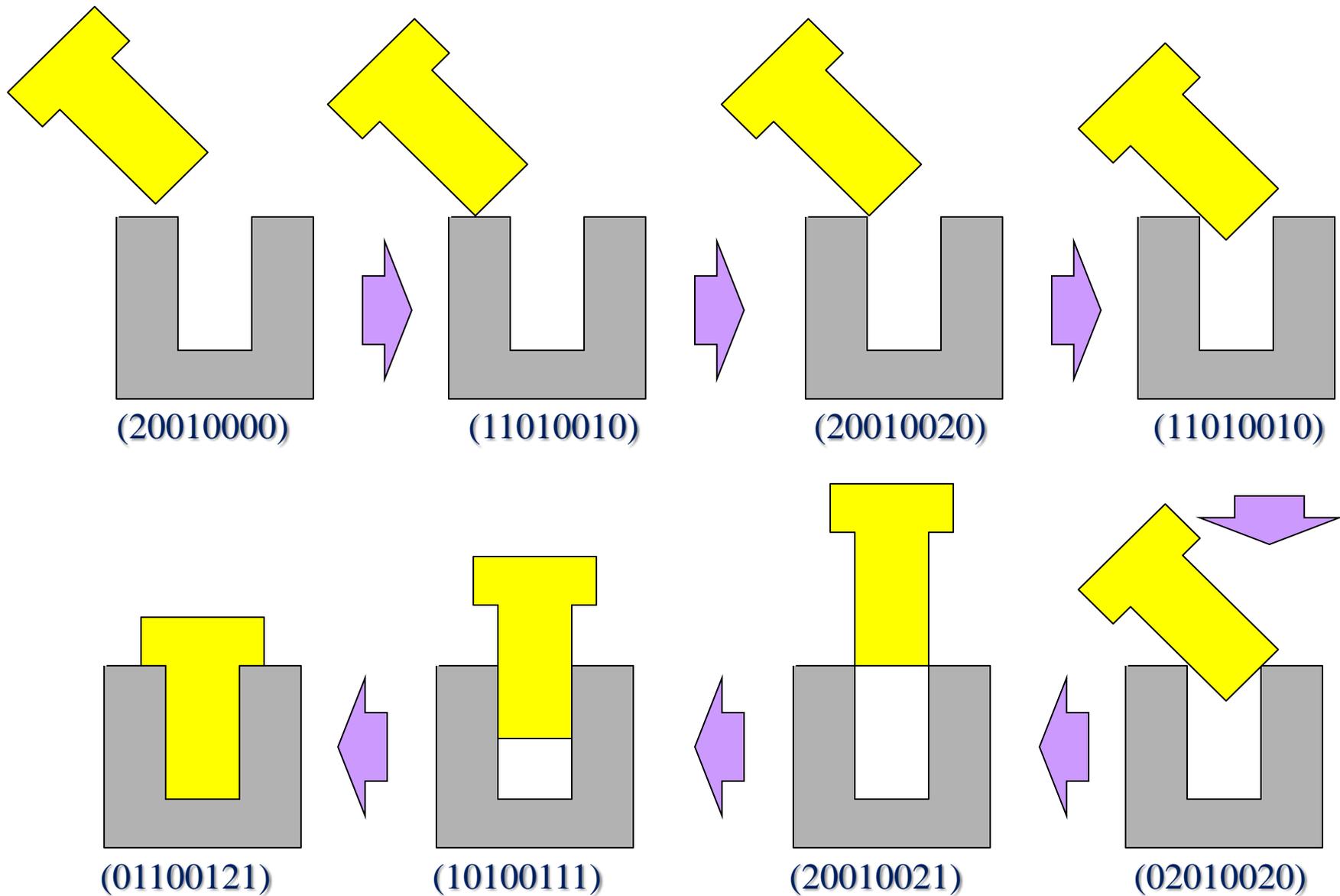
距離画像



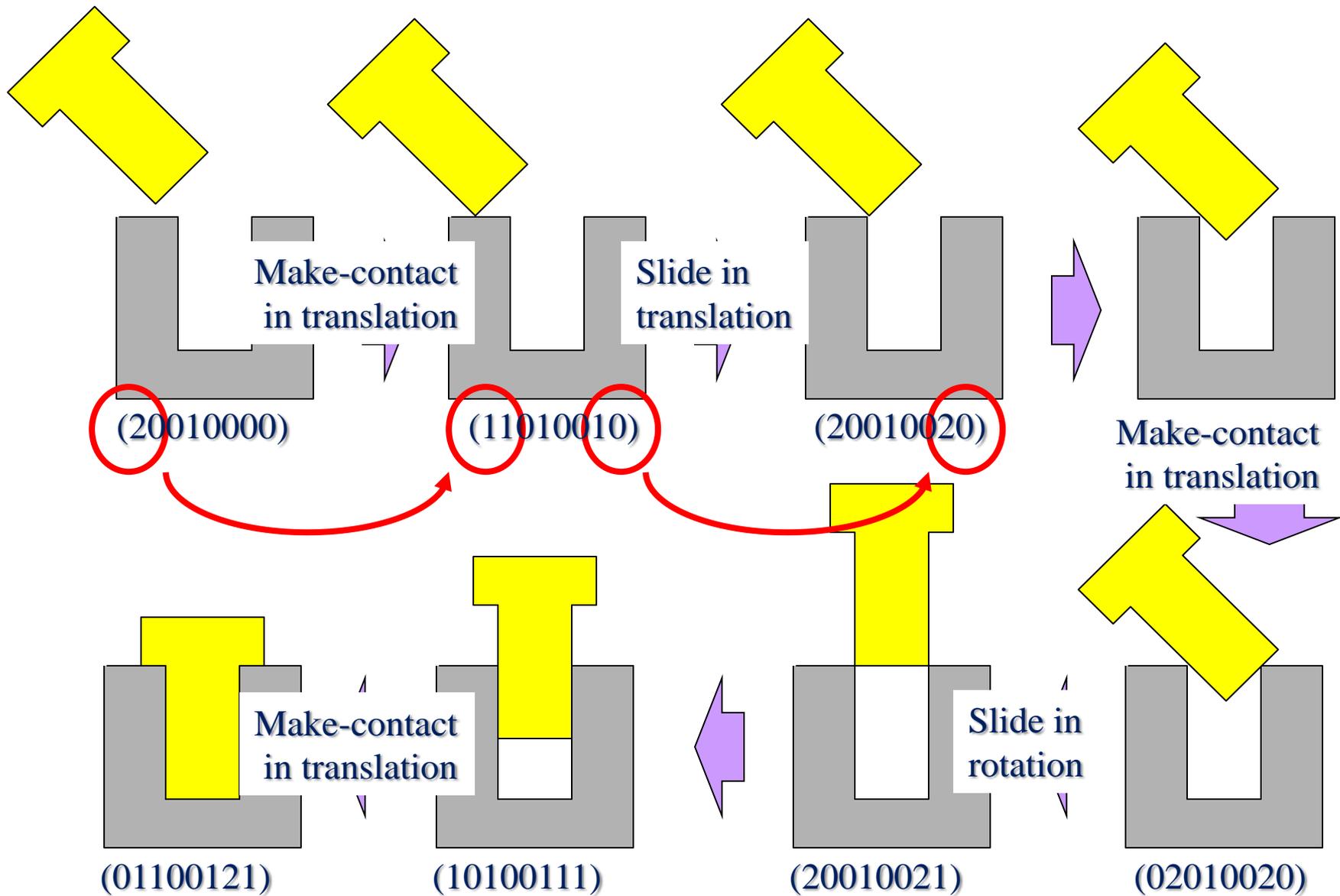
トラッキング結果



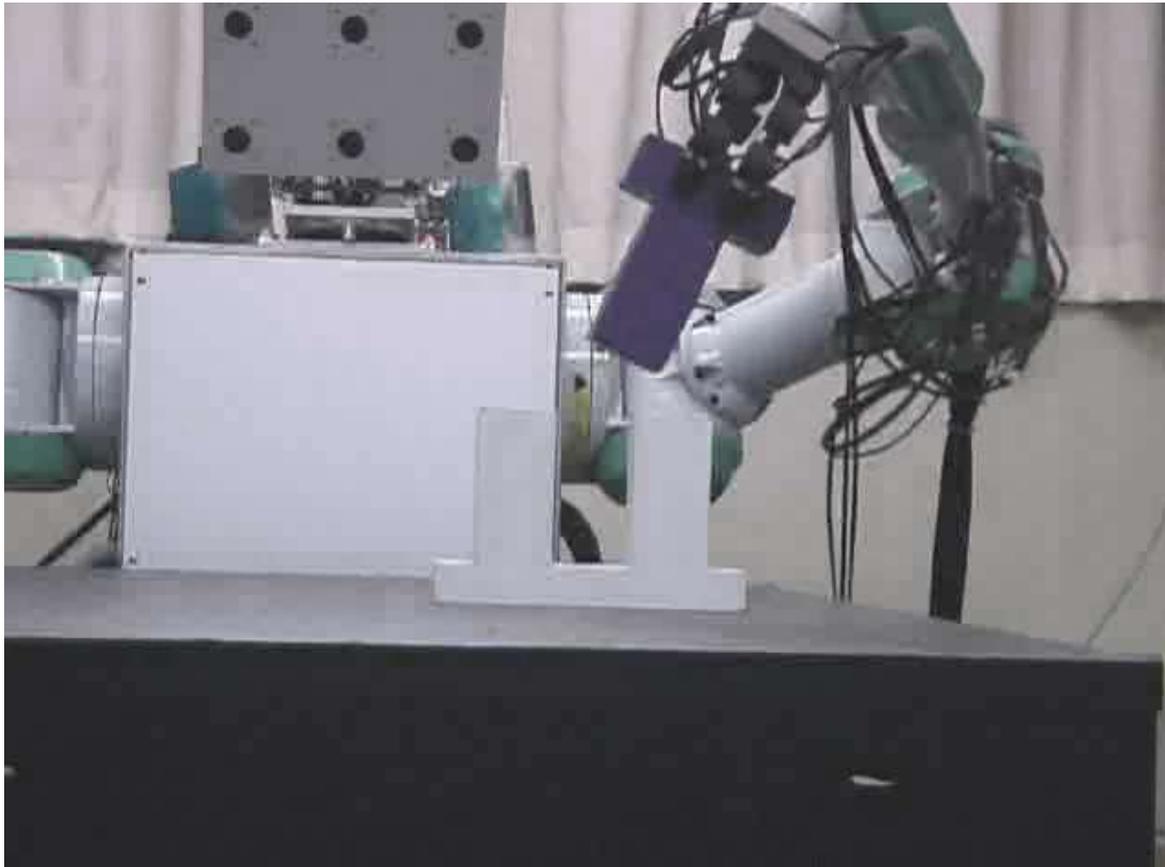
面接触に基づくタスク認識結果



面接触に基づくタスク認識結果



ロボット実行



Takamatsu, Kimura, Ikeuchi 2002

非接触運動

民謡のロボットによる再現

目的別

- ◆ 下半身 - 体の支え
- ◆ 上半身 - 踊りの表現
- ◆ 腰 - 上半身と下半身の調整

→ 異なる視点でのタスクモデルの設計

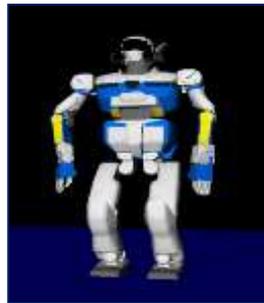
下半身タスクモデルの設計

足接触の遷移

Nakaoka & Ikeuchi IJRR2007



右踏み出し



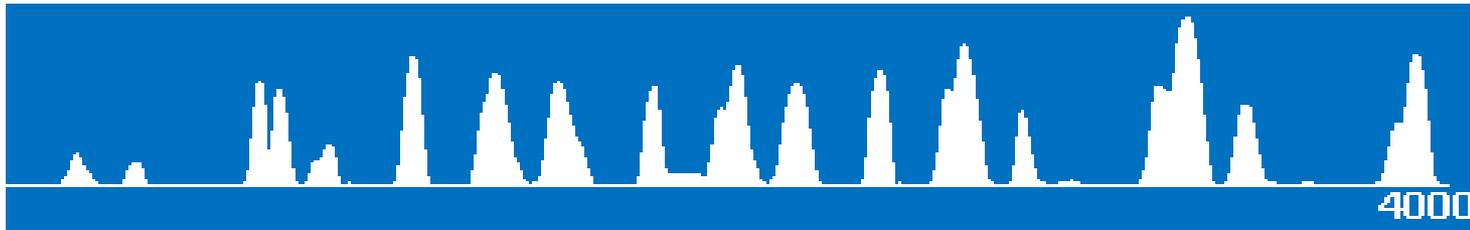
立ち



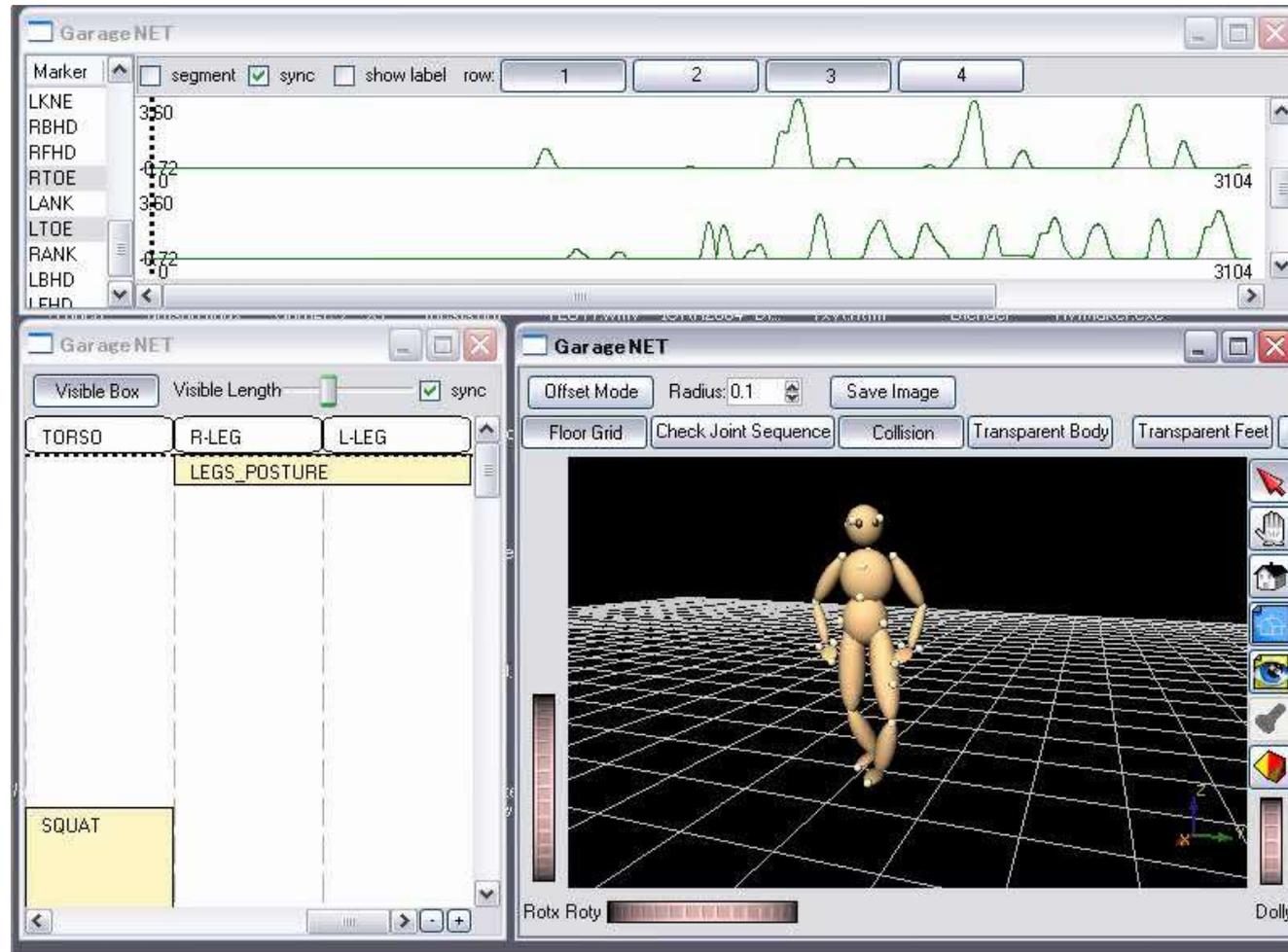
左踏み出し

足タスク認識アルゴリズム

- ◆ 足先位置 + 足の速度



タスク認識結果

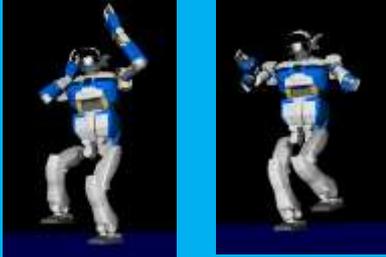


* 中岡慎一郎氏提供

何をしているか

入力データ

何をしているのか(タスク) → どのようにしているか(スキル)

	たち	踏み出し
何をしている? (タスク)		
どの様にしている? (スキル)	時間	幅 最高点

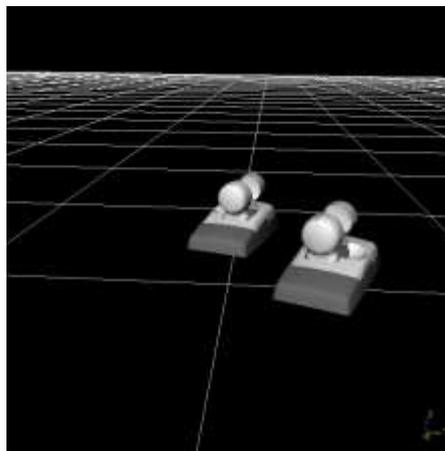
⇒ ビデオより

どのようにするのか(スキル)の再演

- ◆ 技の原型
- ◆ 観察による技パラメタの取得
- ◆ 新しいロボット技の生成

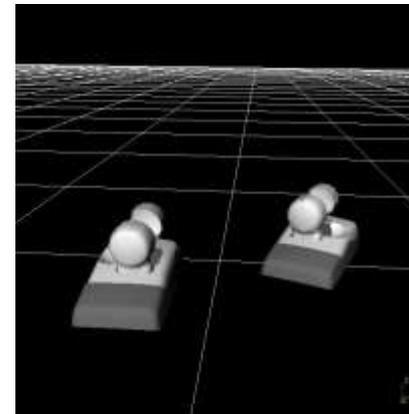
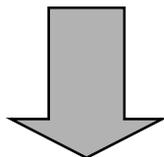
観測による
技パラメタ

→ 最高点



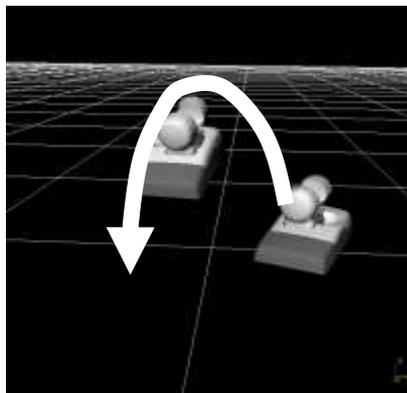
始点

歩幅

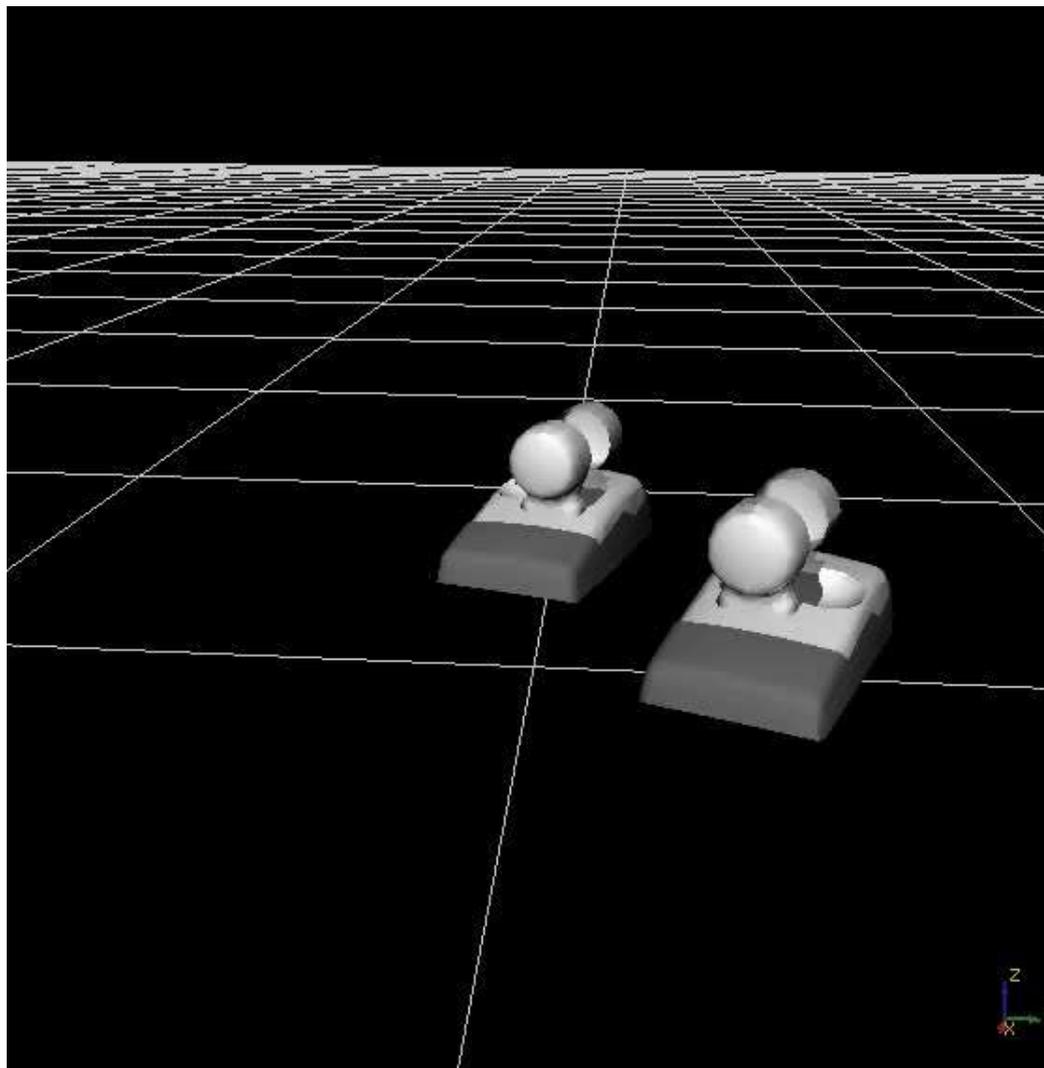


終点

生成された
軌道



得られた足の軌道



上半身タスクモデルの設計

上半身の状態： 師範による踊りのスケッチ

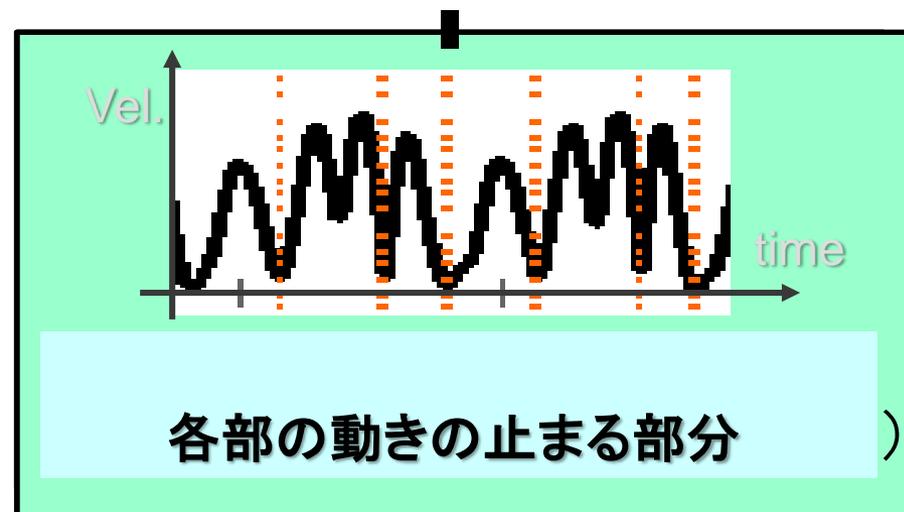
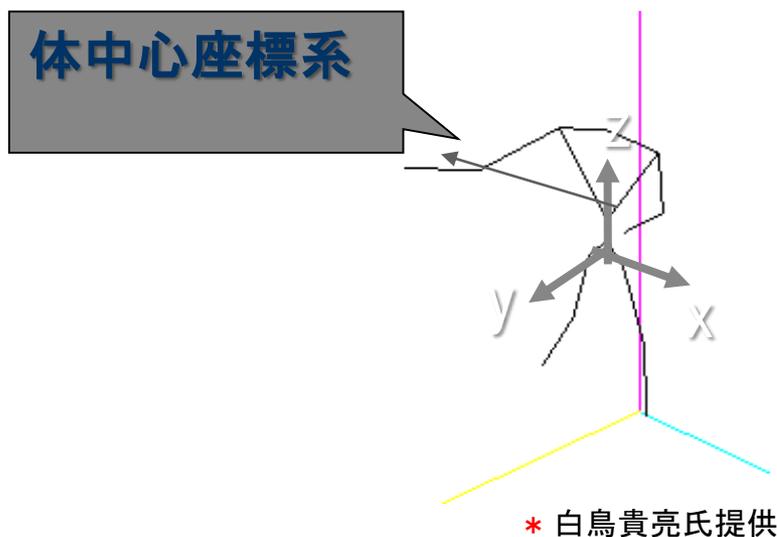
* 山田久子師範提供



これはいったい何か？
どうやって見つけるか？

状態の抽出

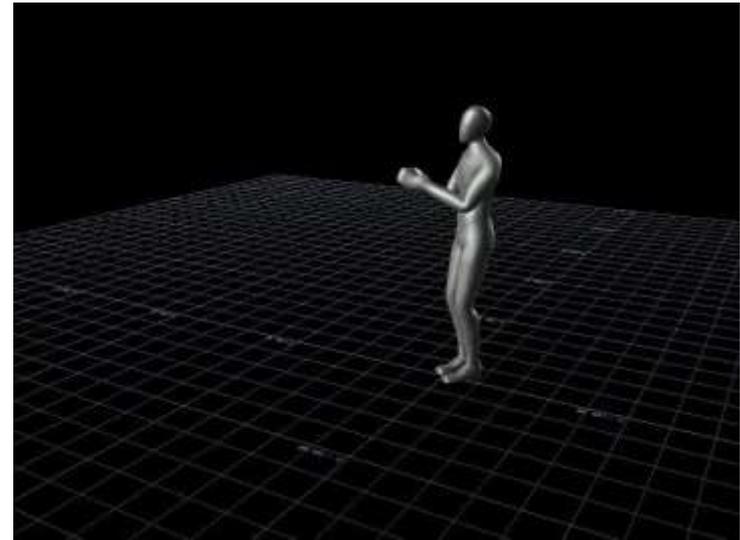
- ◆ 仮説： 体の各部の動きの止まる部分ではないか？



動きのみによる留め(状態)の抽出

□ 仮説による分割

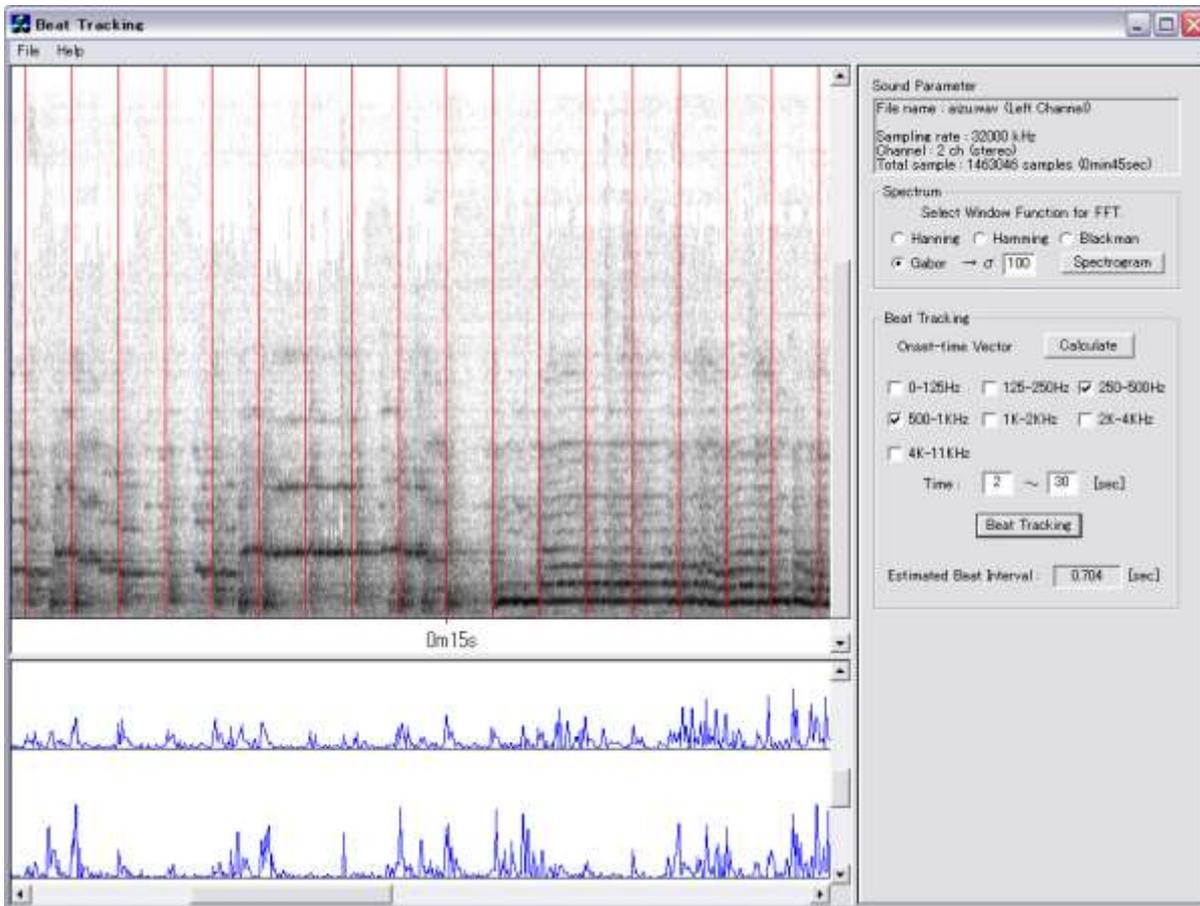
* 白鳥貴亮氏提供



□ 結果： 過分割

□ 新仮説： リズムの併用

リズム分析結果(会津磐梯山)



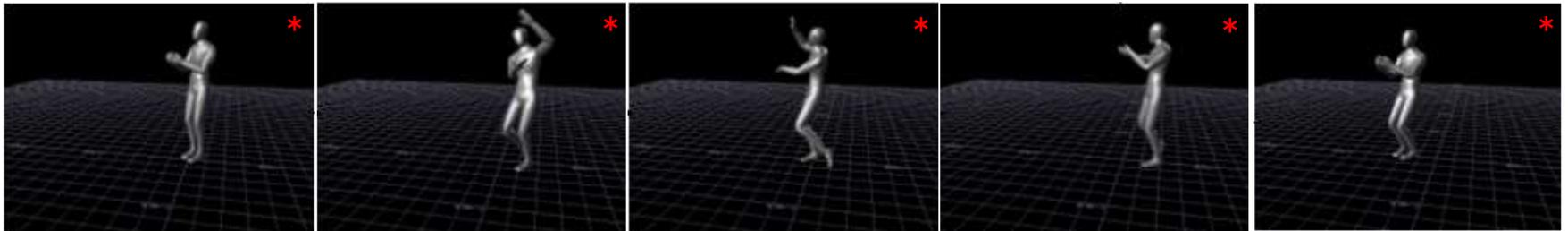
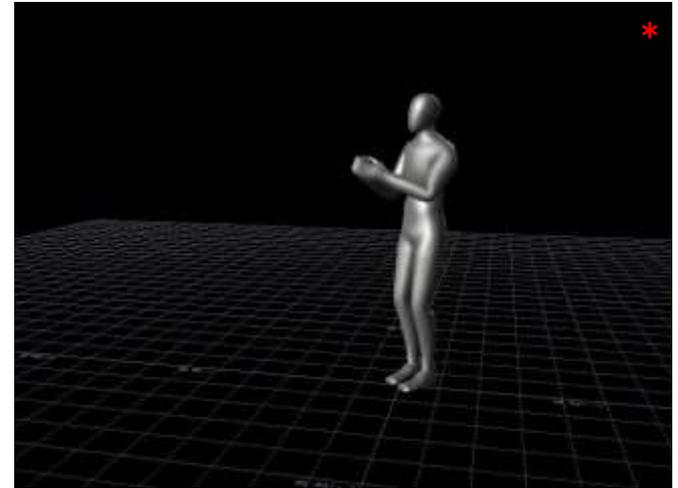
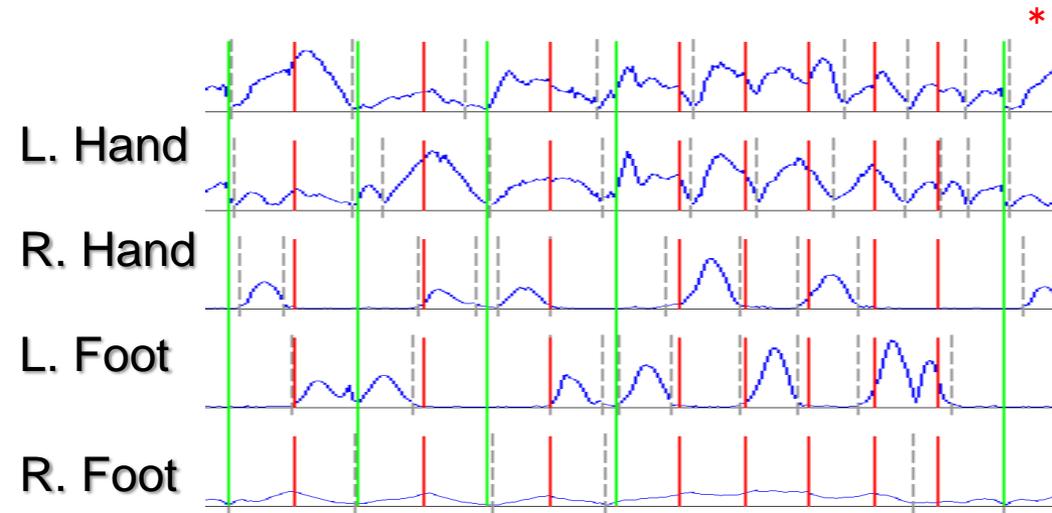
Estimated Beat Interval
0.704 [sec]



Music
with inserted Beep

* 白鳥貴亮氏提供

ビート併用による留め(状態)の抽出

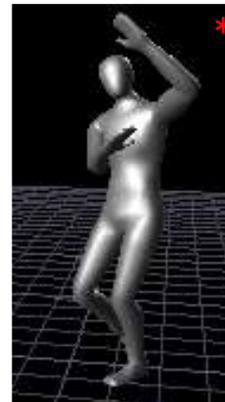


比較 — 磐梯山おどり

師範によるタスク
(スケッチ図より)

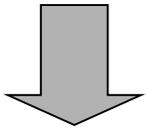


自動抽出されたタスク
(モーションキャプチャ
データより)

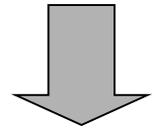


スキルの内そう

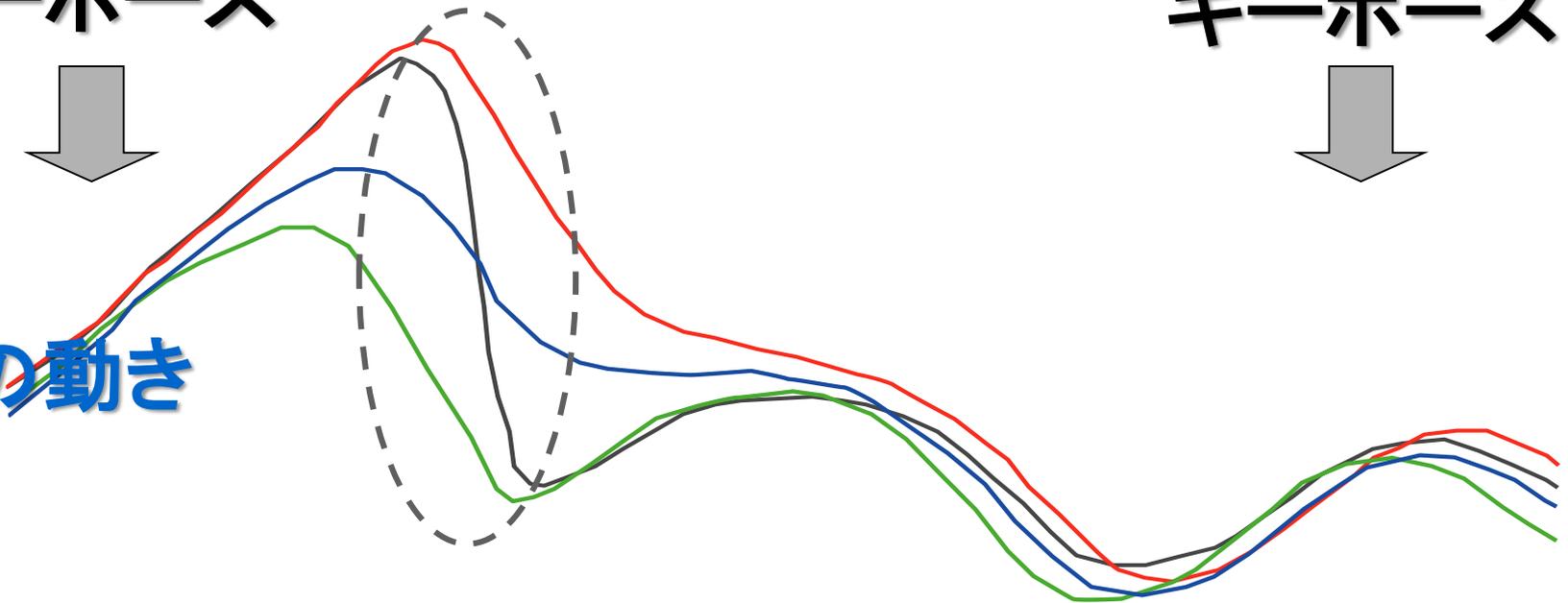
キーポーズ



キーポーズ



教師の動き



階層 B-splineによる内そう

* 白鳥貴亮氏提供

腰の役割

2つの役割

◆ 踊り表現(タスク)

◆ バランス調整

踊りの表現としての腰の動き

何

沈みこみ

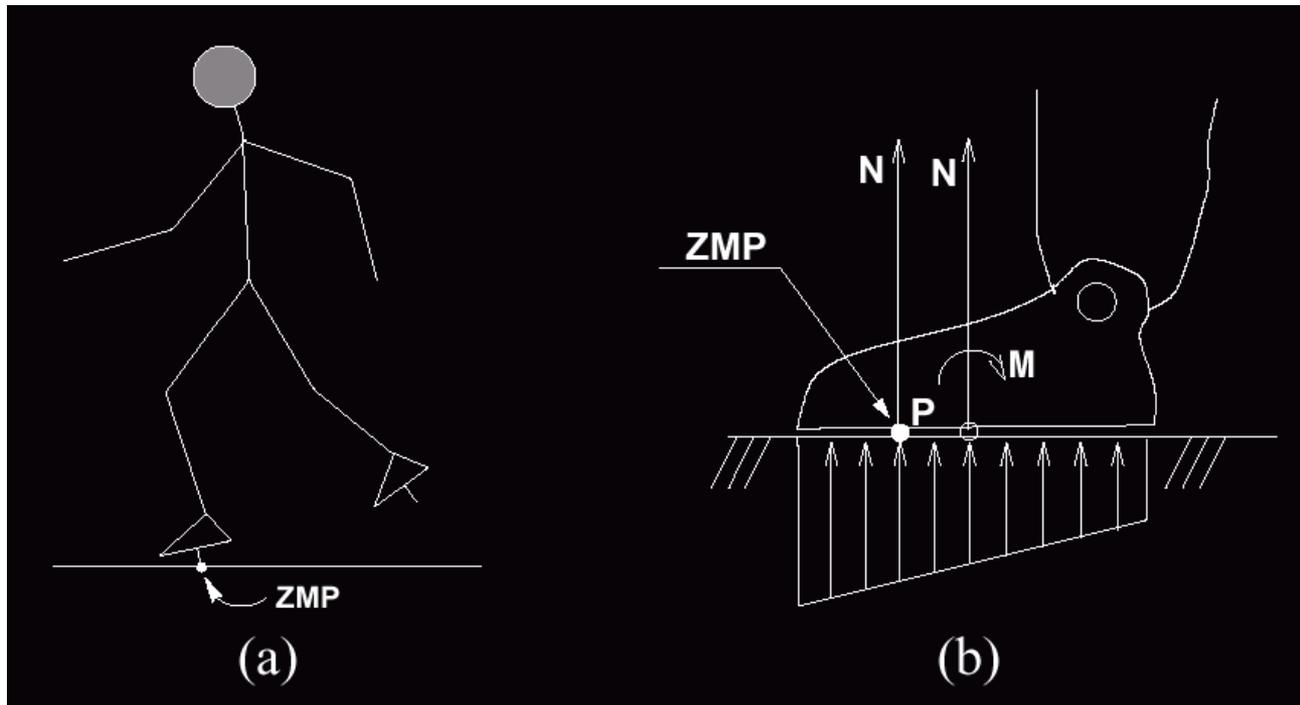


どの様に？

幅
深さ

全身のバランスのための腰の動き

倒れないためには ZMP (Zero Moment Point 重心位置のようなもの) が足内に



* 画像提供: 中岡慎一郎氏

腰の水平運動(バランス制御のため)

- ◆ 重心位置(正確にはZMP) 制御
- ◆ 現在の重心位置をコンピュータで計算
- ◆ 本来の重心の位置と比較
- ◆ 差が小さくなるよう腰の位置を微調整

師範との共演

Nakaoka 2006, Shiratori 2007

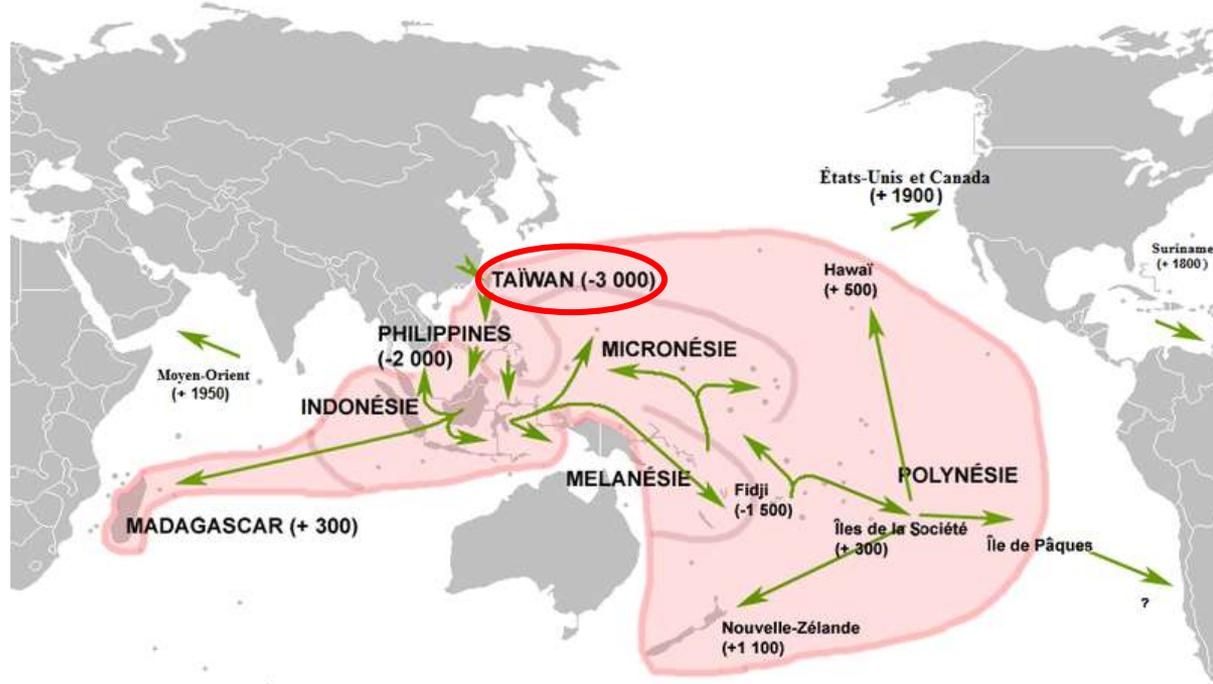


協力 産総研 川田工業

台湾族舞踊のモデル化と分析

なぜ台湾族なのか？

- オーストロネシアン (Austronesian) の原点
- 台湾島への最初の民
- 書き言葉を持たないため文化継承が次第に難しくなっている



* 中華民國交通部觀光局提供 (攝影: 吳志學)

Image by Mauricio Lucioni/Christophe Cagé, from Wikimedia Commons [CC BY 3.0](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Migraciones_austronesias.png) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Migraciones_austronesias.png

14の部族

Image by NordNordWest/Jappalang, from Wikimedia Commons [CC BY-SA 3.0](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:General_distribution_of_indigenous_people_in_Taiwan.svg)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:General_distribution_of_indigenous_people_in_Taiwan.svg

- ◆ 台湾族は、14の部族に分類可
- ◆ 台湾全体の2% の人口
- ◆ 中央、東、南の山岳部
台湾島の45% の部分に住む



台湾族の舞踊

祭りの踊り

先祖
晴れへの祈り
雨への祈り

生活の踊り

結婚
歓迎

労働の踊り

狩猟
漁猟
農耕

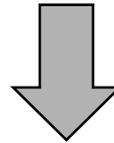
祭りの踊り

- ◆ ほぼすべての部族が持つ
- ◆ 祭りは文化の中心にあると考えられる
- ◆ 全ての祭りの踊りを記述し分類

なにで記述するか？

師範のスケッチ

* 山田久子師範提供

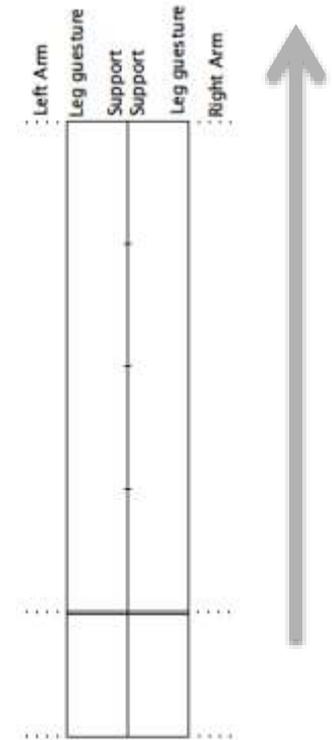
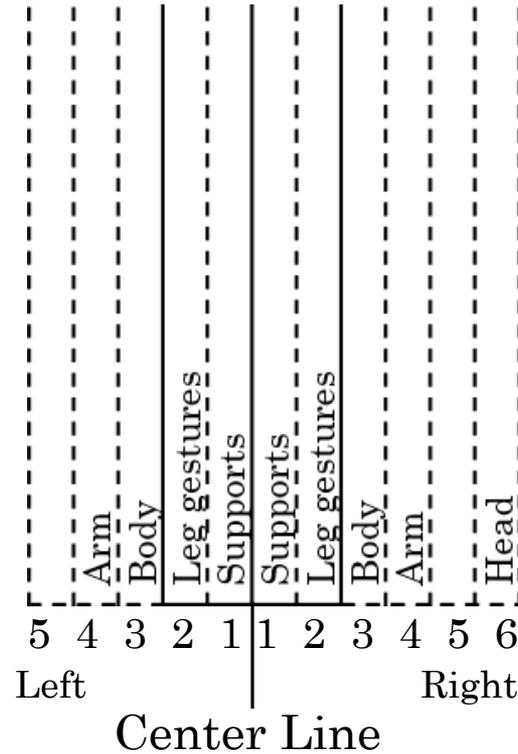
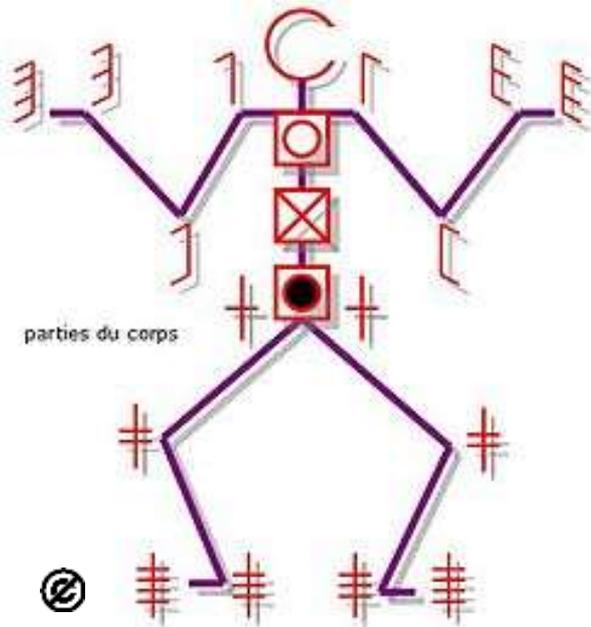


ラバノーテーション： 共通語

Choreonoid： ロボット動作記述語(産総研)

ラバノーテーション (Laban Notation)

R. V. Laban 1927



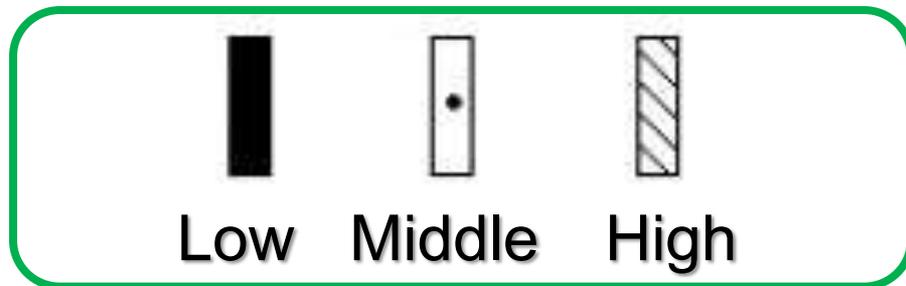
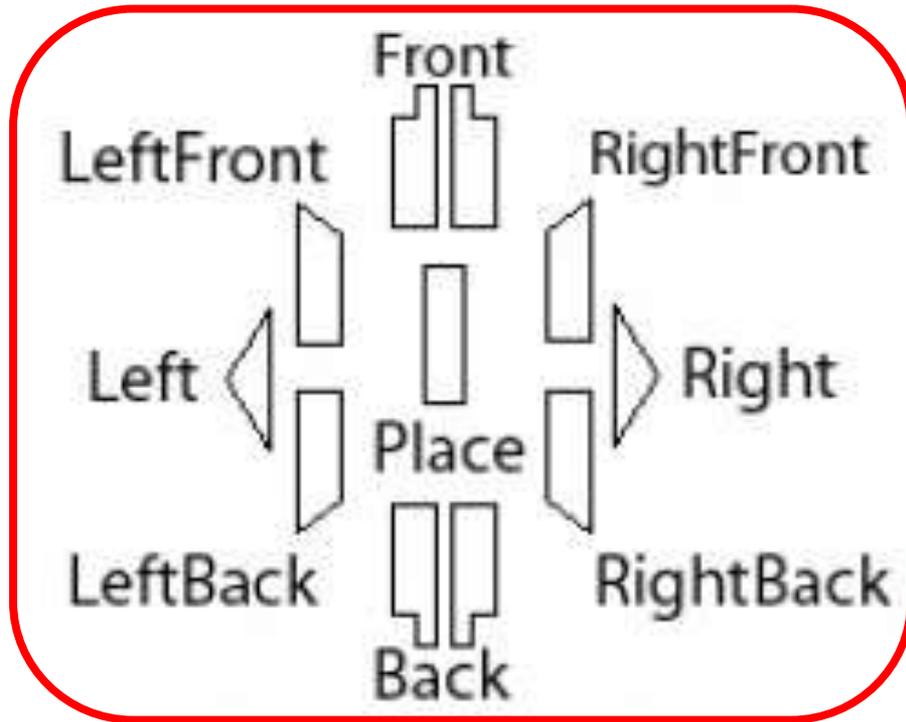
体の部位

体の部位の表現

時間の流れ

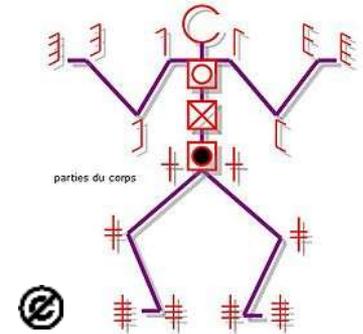
方向の表現

水平方向



垂直高さ

記述の例



著作権の都合により
ここに挿入されていた画像を
削除しました

Yu et al. (2005) Motion retrieval based on movement notation language,
Computer Animation and Virtual Worlds 16(3-4):273-282, p.276 Fig.2(c)
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cav.89/abstract>

祭りの踊り

◆ 群舞

◆ 4ステップ

◆ 2ステップ



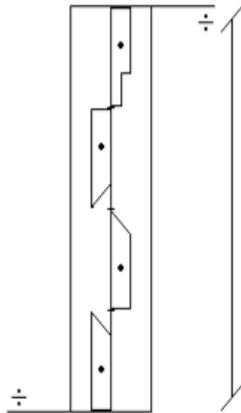
* Courtesy of Prof. Li-Kuo Ming, Nanhua University, Taiwan

祭りのダンス

- ◆ 4ステップと2ステップ
 - パイワン、ルカイ、アミ、カヴァン、サキザヤ
ピューマ、ツオ
- ◆ 2ステップのみ
 - タオサシヤト、アタヤル、シーディク、タロコ
- ◆ なし
 - ブヌン、タオ

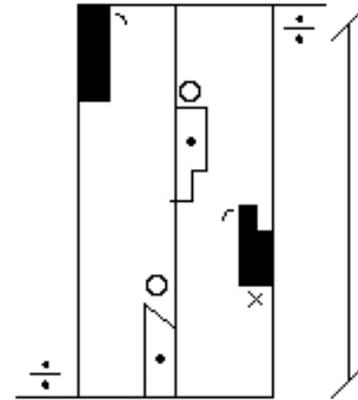
パイワン(Paiwan)族

4-Step Dance



* 胡懷今氏提供

2-Step Dance



* 胡懷今氏提供

著作権の都合により
ここに挿入されていた動画を
削除しました

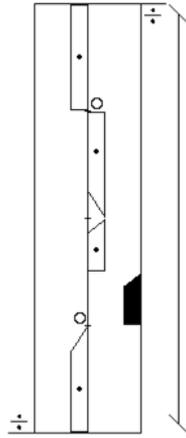
「新香蘭2012排灣族-拉勞蘭部落(Lalaulan)豐收祭 戰舞」posted by Guan-Yu Lin, from Youtube
<https://www.youtube.com/watch?v=eawUjIkh5mw>

著作権の都合により
ここに挿入されていた動画を
削除しました

「排灣族百步蛇舞-4 (桃園縣98年原住民歲時祭儀暨民族音樂祭系列活動) - 8/24」posted by happy66899, from Youtube
<https://www.youtube.com/watch?v=N5mM6v-BFNw>

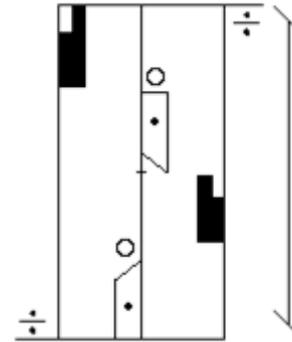
アミ(Amis)族

4-Step Dance



* 胡懷今氏提供

2-Step Dance



* 胡懷今氏提供

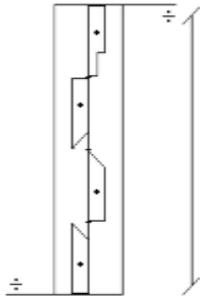


* Courtesy of Prof. Li-Kuo Ming, Nanhua University, Taiwan



* Courtesy of Prof. Li-Kuo Ming, Nanhua University, Taiwan

ルーカイ族 Rukai



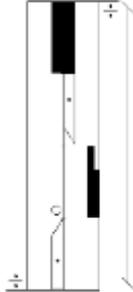
* 胡懐今氏提供



* Courtesy of Prof. Li-Kuo Ming, Nanhua University, Taiwan

他の部族の 4ステップ

カバラン族 Kavalan

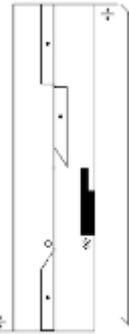


* 胡懐今氏提供



* Courtesy of Prof. Li-Kuo Ming, Nanhua University, Taiwan

サキザヤ族 Sakizaya

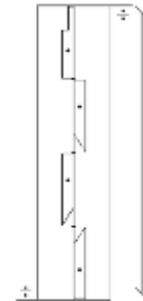


* 胡懐今氏提供

著作権の都合により
ここに挿入されていた画像を削除しました

「洄瀾舞集-撒奇萊雅族 (sakizaya) 樂舞-奇萊原野被遺忘的故事」posted by Hwei-Lan DancingGroup, from Youtube, 05:57
<https://www.youtube.com/watch?v=A2iKU39C5D8>

ピュマ族 Puyuma



* 胡懐今氏提供

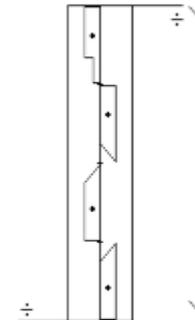


* Courtesy of Prof. Li-Kuo Ming, Nanhua University, Taiwan



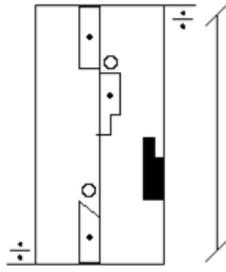
ツオウ族 Tsou

* Courtesy of Prof. Li-Kuo Ming, Nanhua University, Taiwan



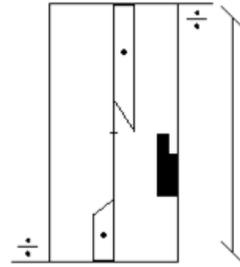
* 胡懐今氏提供

ルーカイ族 Rukai



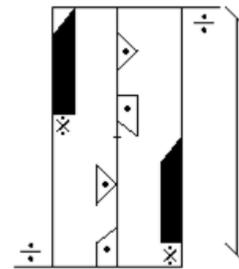
* 胡懐今氏提供

カヴァラン族 Kavalan



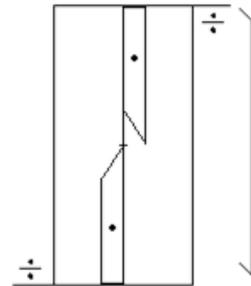
* 胡懐今氏提供

サキザヤ族 Sakizaya



* 胡懐今氏提供

ピユマ族 Puyma



* 胡懐今氏提供



* Courtesy of Prof. Li-Kuo Ming, Nanhua University, Taiwan

他の部族の 2ステップ

著作権の都合により
ここに挿入されていた画像を削除しました

「2013/08/15魯凱 勇士舞」posted by Kvararan
lingangsz, from Youtube, 01:31
<https://www.youtube.com/watch?v=MEPBCjMFsgA>



* Courtesy of Prof. Li-Kuo Ming,
Nanhua University, Taiwan

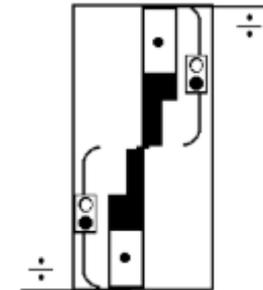
著作権の都合により
ここに挿入されていた画像を削除しました

「20090605磯崎部落表演撒奇萊雅族歌舞」posted
by 海老茶, from Youtube, 05:08
<https://www.youtube.com/watch?v=KhQkGudtfvE>



* Courtesy of Prof. Li-Kuo Ming,
Nanhua University, Taiwan

ツオウ族 Tsou

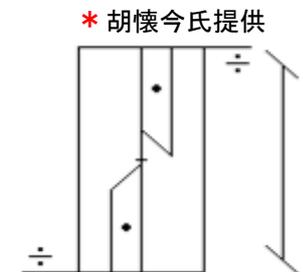
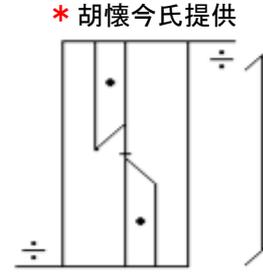


* 胡懐今氏提供

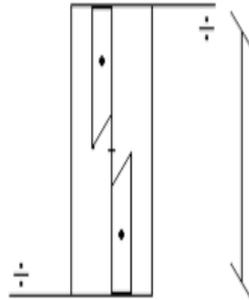
タオ族 Thao



* Courtesy of Prof. Li-Kuo Ming,
Nanhua University, Taiwan



サイシヤト族 Saisiyat

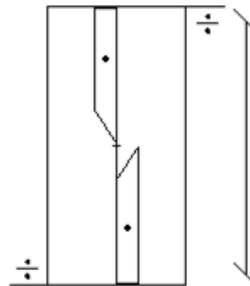


* 胡懐今氏提供

著作権の都合により
ここに挿入されていた画像を削除しました

「2012賽夏族矮靈祭典完整版」posted by 武勇達印, from
Youtube, 05:15
<https://www.youtube.com/watch?v=vCY5G9wYFI4>

アタル族 Atayal

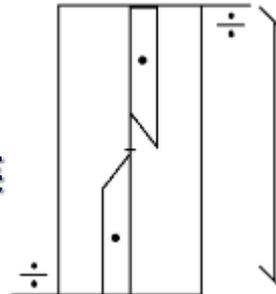


* 胡懐今氏提供

著作権の都合により
ここに挿入されていた画像を削除しました

「Tayal 泰雅族 1/4」posted by MartyChouTW, from
Youtube, 03:00
<https://www.youtube.com/watch?v=sCfK8rpbakI>

セエディク族 Seediq



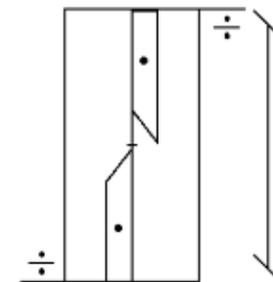
* 胡懐今氏提供

著作権の都合により
ここに挿入されていた画像を
削除しました

「20121231 眉溪部落賽德克族年祭 --
耆老古調歌舞」, posted by HSUAN
TANG, from Youtube, 05:33
<https://www.youtube.com/watch?v=ItcDU3Zzitw>

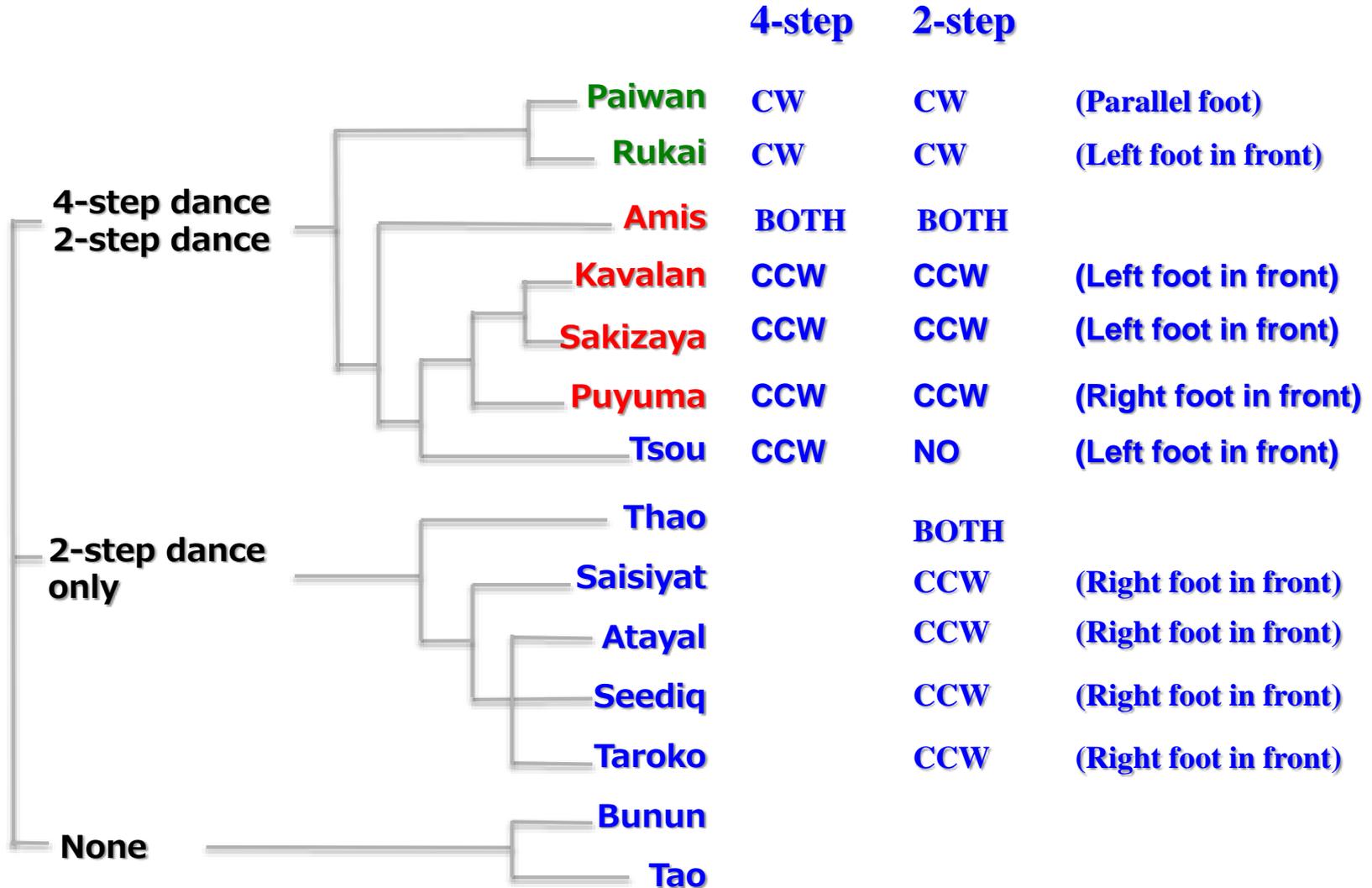
2ステップ舞踊 しかもたない部族

タロコ族 Taroko



* 胡懐今氏提供

分類

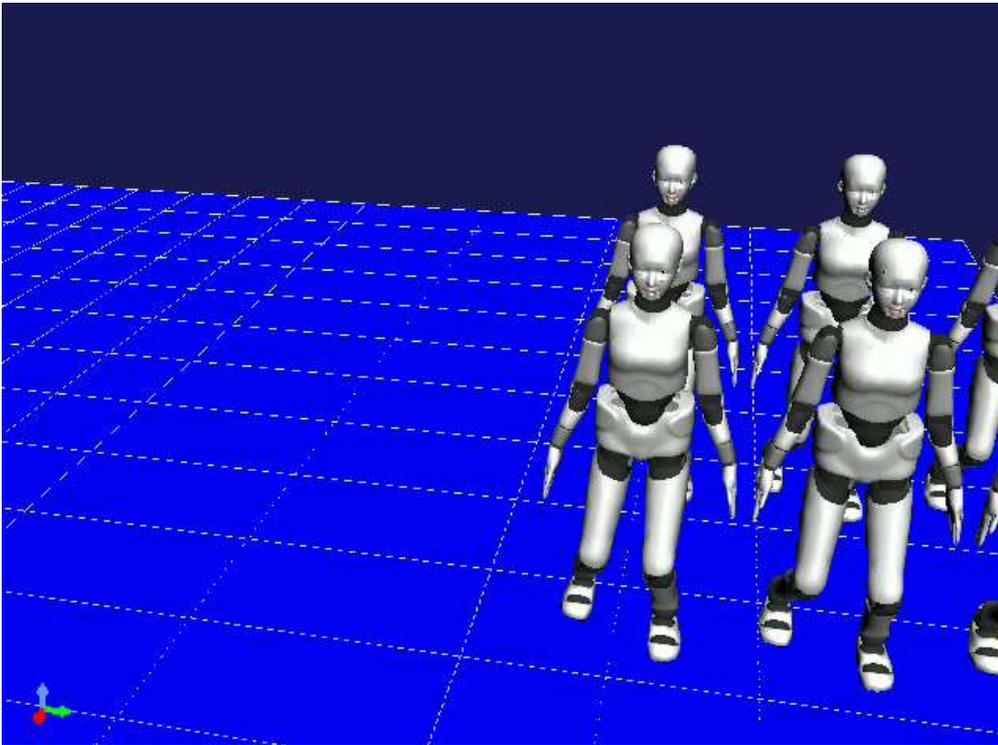


**再現： ラバノーテーションから
CHOREONOIDへ**

なぜ再現するのか？

- ◆ ラバ記述から舞踊の再構成
- ◆ 再現可能な必要十分な記述になっているか？

パイワン族 4ステップ舞踊 Choreonoid demo

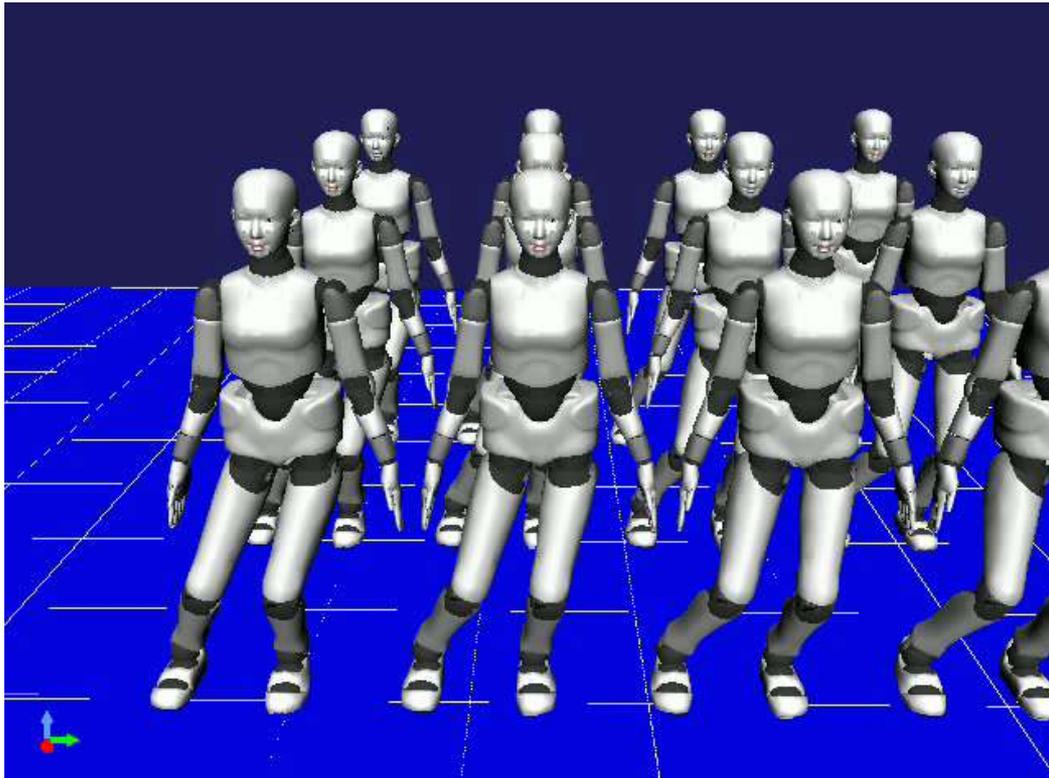


* 佐藤啓宏氏提供

著作権の都合により
ここに挿入されていた動画を
削除しました

「新香蘭2012排灣族-拉勞蘭部落(Lalaulan)豊收祭 戦
舞」posted by Guan-Yu Lin, from Youtube
<https://www.youtube.com/watch?v=eawUjIkh5mw>

パイワン族 2ステップ舞踊 Choreonoid



* 佐藤啓宏氏提供

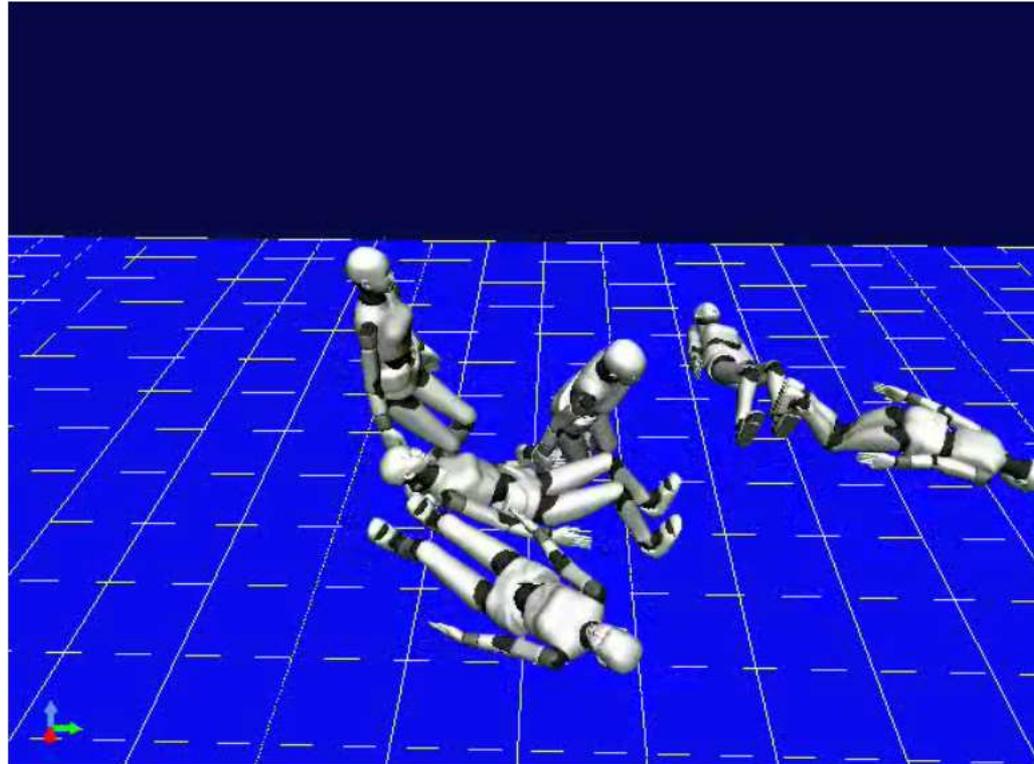
著作権の都合により
ここに挿入されていた動画を
削除しました

「排灣族百步蛇舞-4 (桃園縣98年原住民歲時祭儀暨
民族音樂祭系列活動) - 8/24」posted by happy66899,
from Youtube

<https://www.youtube.com/watch?v=N5mM6v-BFNw>

ところで、..

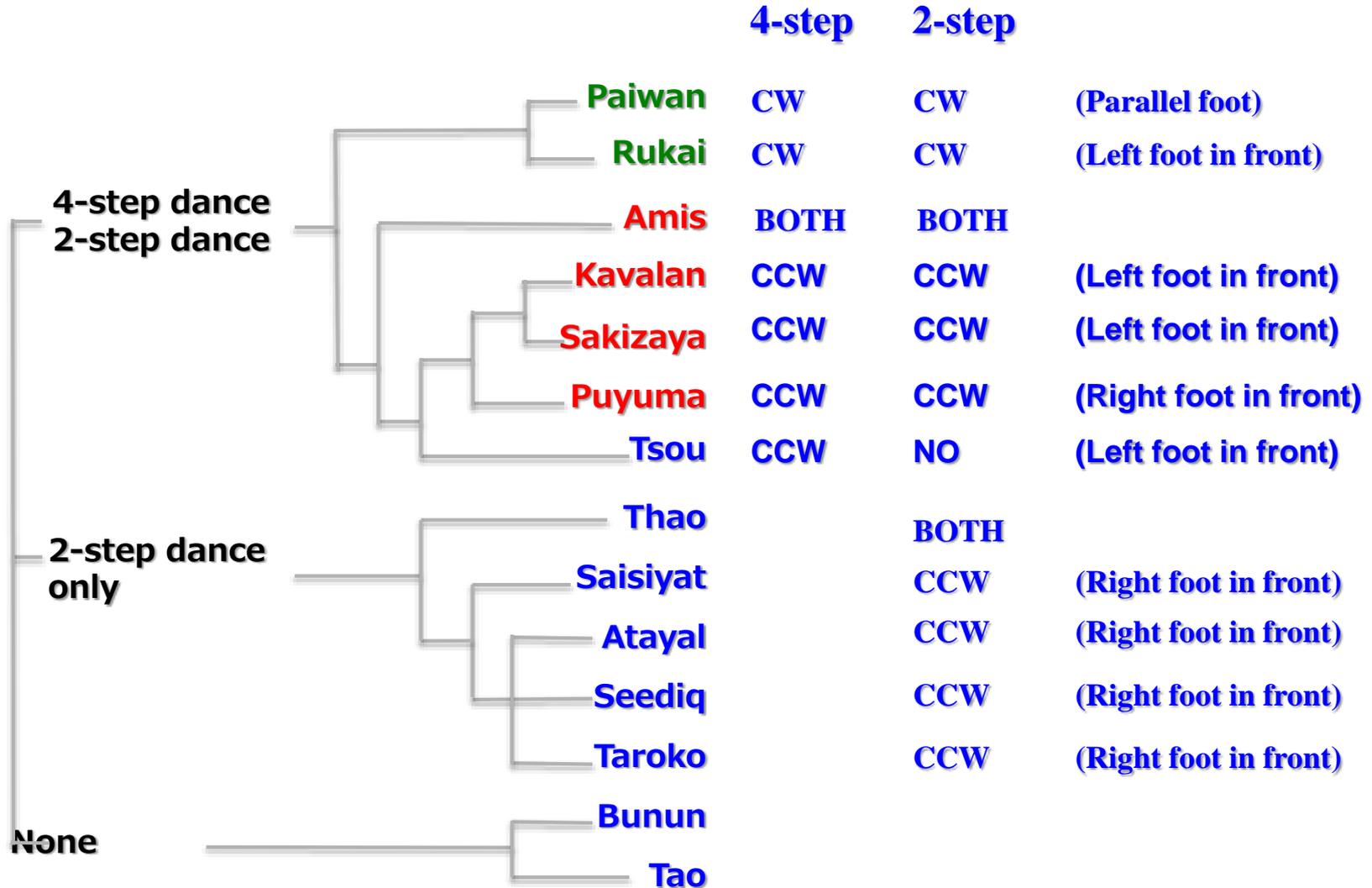
◆ Choreonoid は動力学も考慮



* 佐藤啓宏氏提供

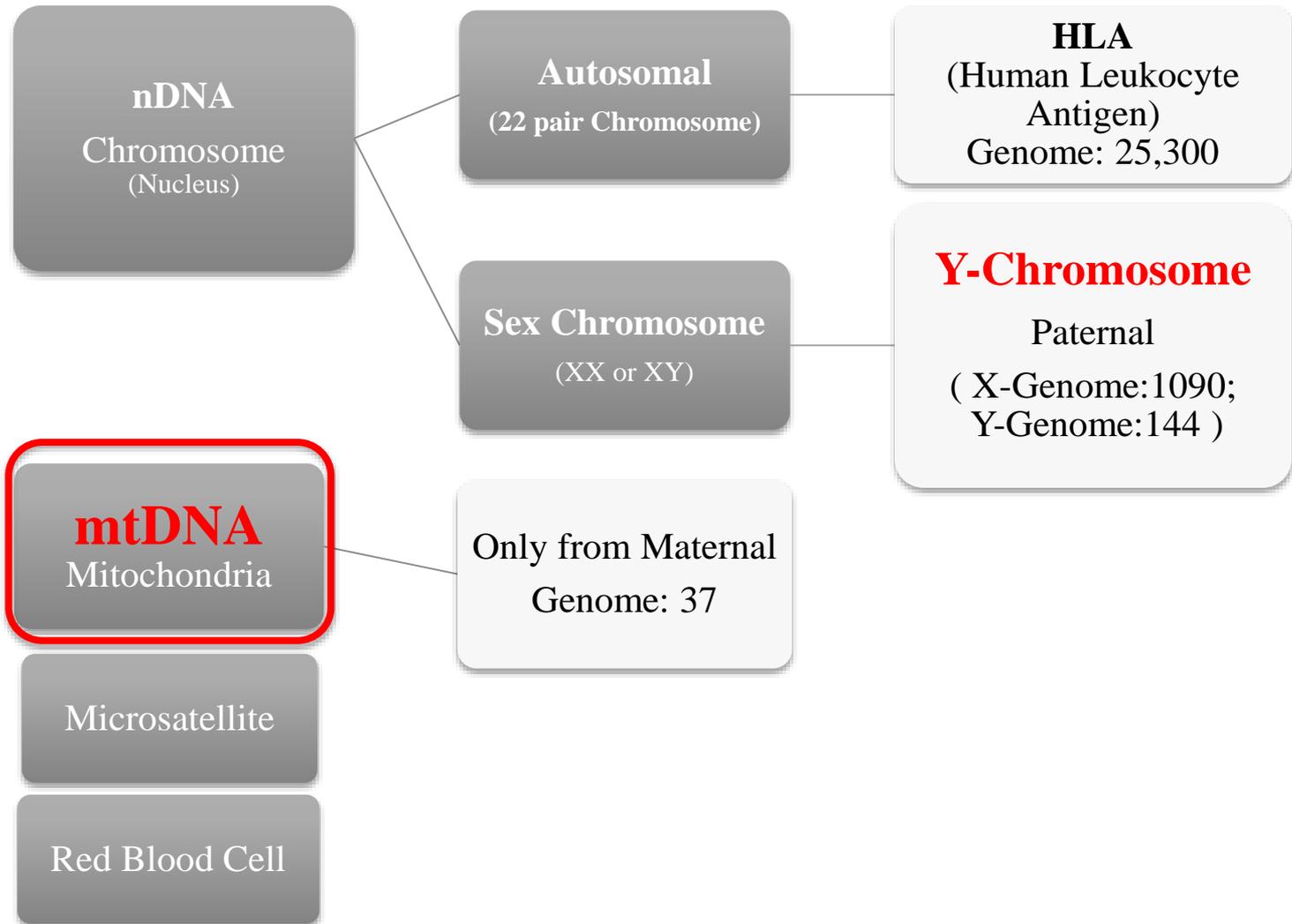
祭りダンスの分類

分類木



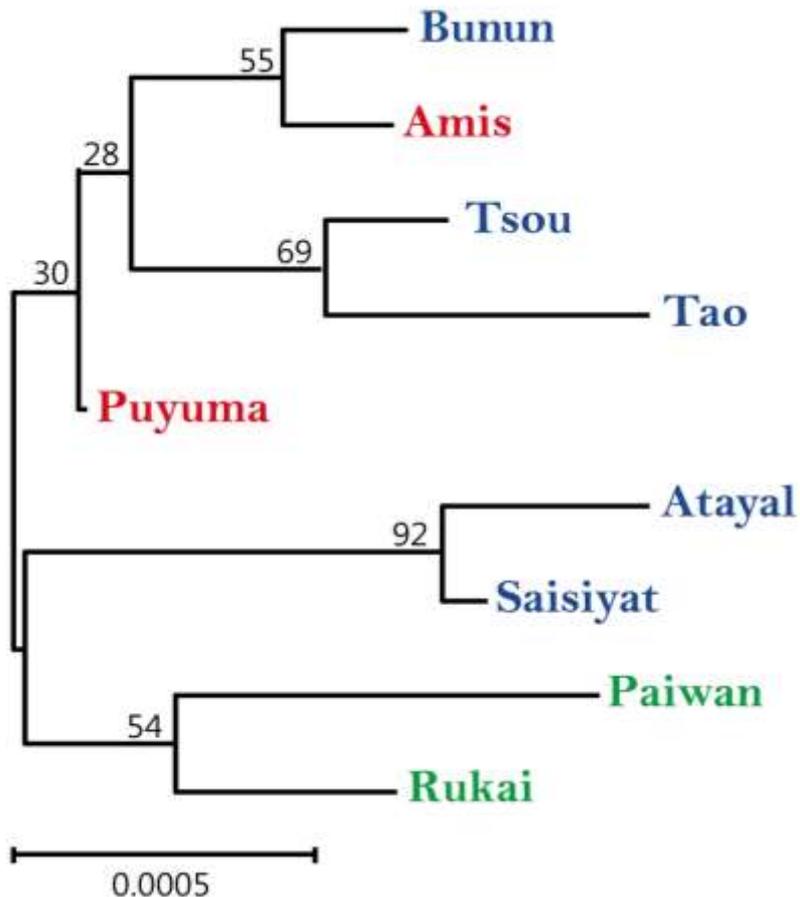
* 胡懷今氏提供

DNAの解析



Tajima による分類

Tajima et al. 2003

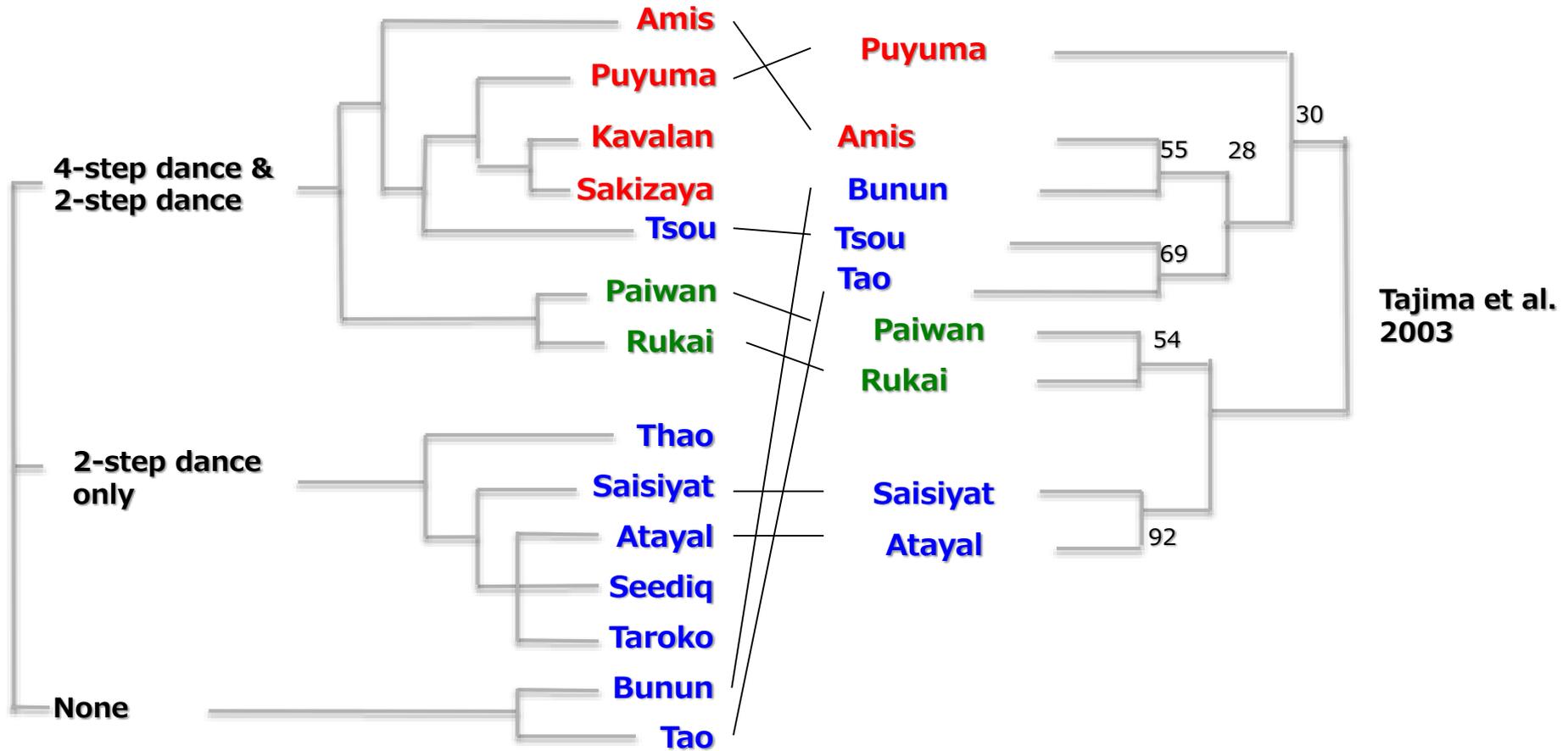


- Bunun is closer to Amis than patrilineal
- Amis and Puyuma are separated by Tao
- Tsou and Tao are very close
- Aristocracy (Paiwan and Rukai) are close to Atayal and Saisiyat

* 胡懷今氏提供 (以下に基づく: Tajima et al.(2003) Mitochondrial DNA polymorphisms in nine aboriginal groups of Taiwan: implications for the population history of aboriginal Taiwanese, *Human Genetics*, 113(1):24-33, p.31 Fig.4. <http://link.springer.com/article/10.1007/s00439-003-0945-1>)

Red: matrilineality
Blue: patrilineality
Green: aristocracy

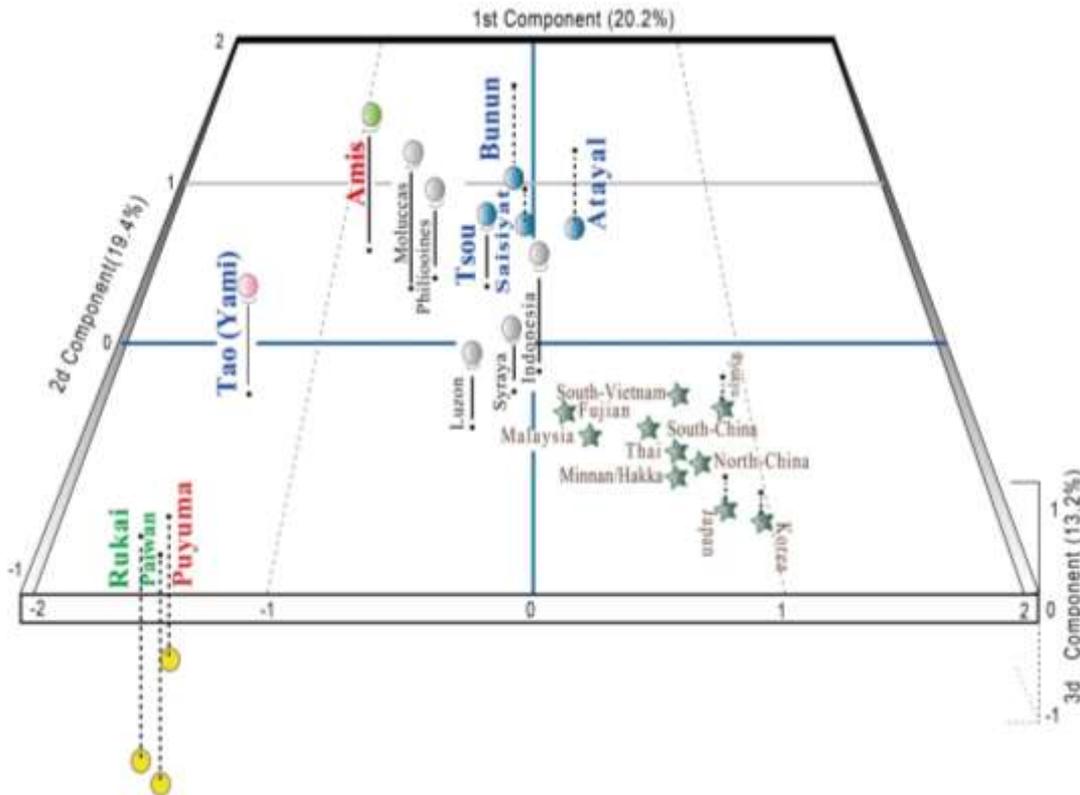
Tajimaの分類との比較



* 胡懷今氏提供 (右図は以下に基づく: Tajima et al.(2003) Mitochondrial DNA polymorphisms in nine aboriginal groups of Taiwan: implications for the population history of aboriginal Taiwanese, *Human Genetics*, 113(1):24-33, p.31 Fig.4. <http://link.springer.com/article/10.1007/s00439-003-0945-1>)

Trejautによる分類

Trejaut et. al. 2005



- Bunun is closer to patrilineal groups than Amis
- Amis and Puyuma are separated by Tao
- Tsou not very close to Tao
- Aristocracy close to Puyuma

Trejaut et al. (2005) Traces of Archaic Mitochondrial Lineages Persist in Austronesian-Speaking Formosan Populations, *PLOS Biology*, 3(8):1363-1372, p.1366 Fig.3. **CC BY 3.0**

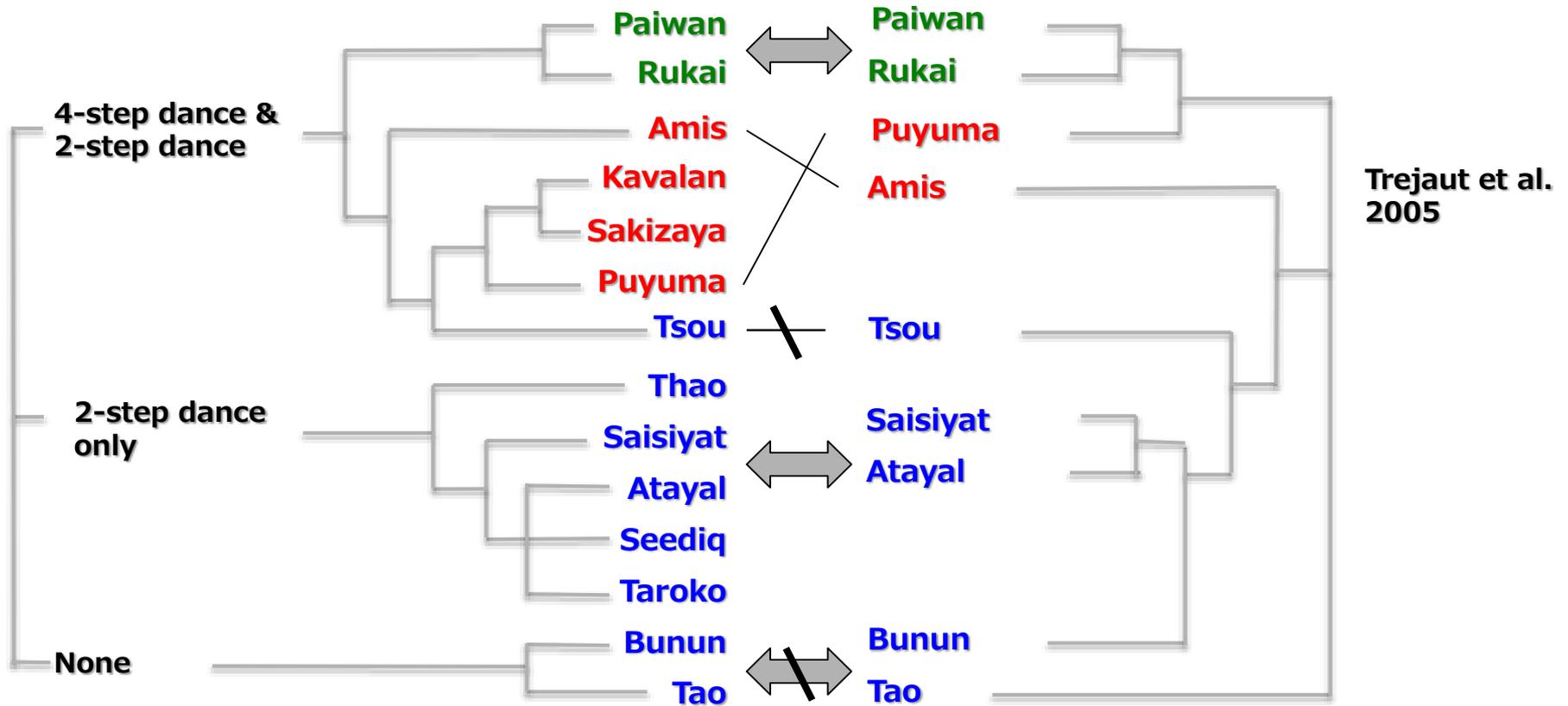
<http://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.0030247>

Red: matrilineality

Blue: patrilineality

Green: aristocracy

Trejautによる分類との比較



* 胡懷今氏提供 (右図は以下に基づく: Trejaut et al. (2005) Traces of Archaic Mitochondrial Lineages Persist in Austronesian-Speaking Formosan Populations, *PLOS Biology*, 3(8):1363-1372, p.1366 Fig.3. CC BY 3.0 <http://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.0030247>)

DNAに関する小サマリ

- ◆ 舞踊の分類木とTajimaあるいはTrejautによるDNA分類木とはほとんど相関がない

部族の方言

◆ 東方方言

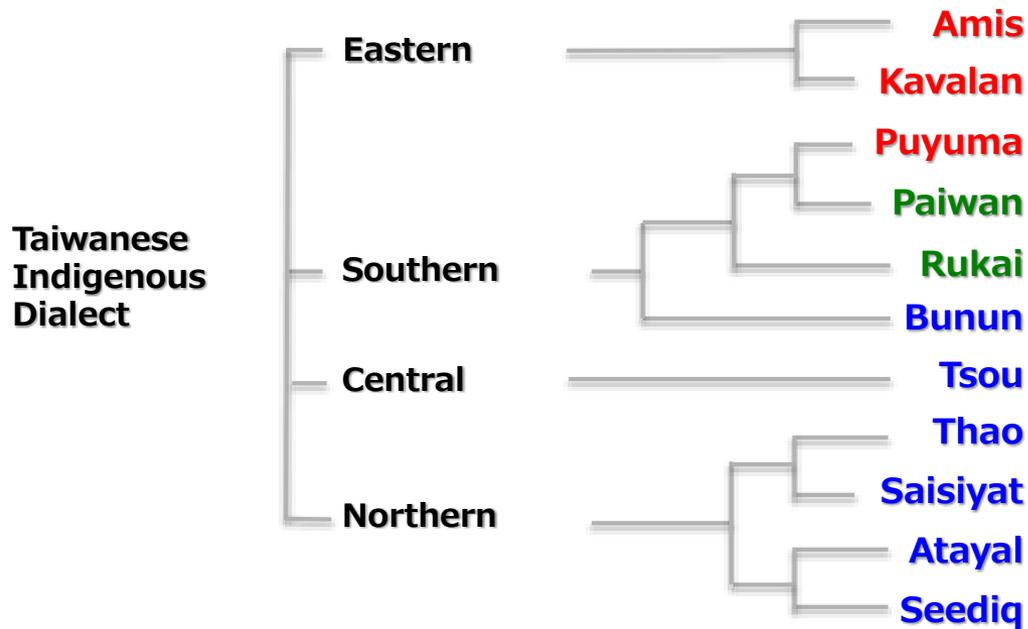
◆ 南方方言

◆ 北方方言

◆ 中央方言

方言による部族の分類木

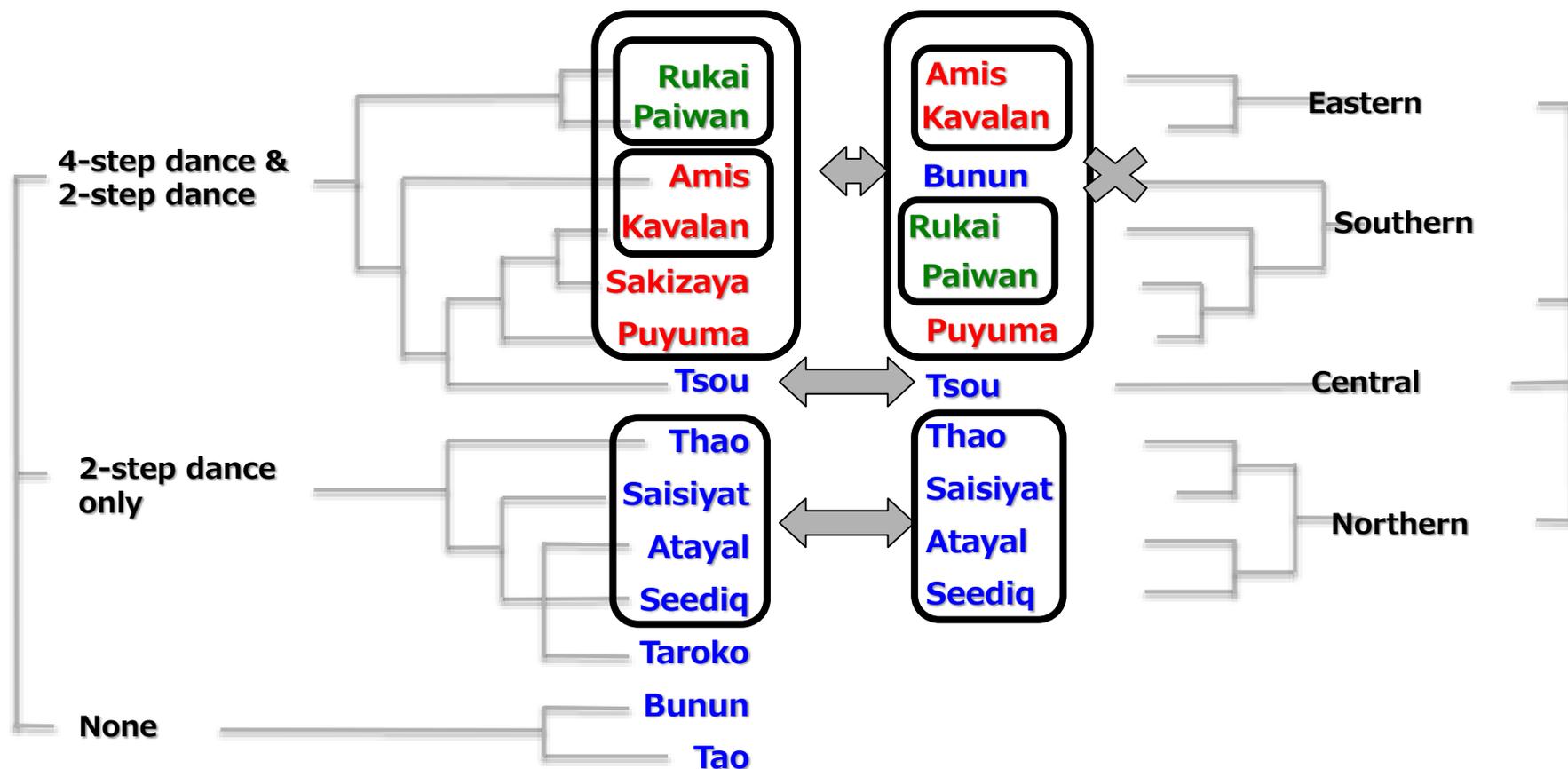
Li 2006



Red: matrilineality
Blue: patrilineality
Green: aristocracy

* 胡懷今氏提供 (Based on: Paul Li (2006) The Internal Relationships of Formosan Languages, Paper presented at Tenth International Conference on Austronesian Linguistics, p.8 Fig.3
<http://www.silinternational.net/asia/philippines/ical/papers/Li-internal%20relationships%20formosan.pdf>)

方言による分類木との比較



* 胡懷今氏提供 (右図は以下に基づく: Paul Li (2006) The Internal Relationships of Formosan Languages, Paper presented at Tenth International Conference on Austronesian Linguistics, p.8 Fig.3 <http://www.silinternational.net/asia/philippines/ical/papers/Li-internal%20relationships%20formosan.pdf>)

方言による分類木との比較

- ◆ 東方方言と南方方言の部族は4ステップと2ステップの舞踊を持つ
- ◆ 中央方言(ツオ族)も4ステップと2ステップを持つ
- ◆ 北方方言の部族は、2ステップ舞踊のみ
- ◆ それ以下の内部構造はだいぶ異なる

部族の社会構造

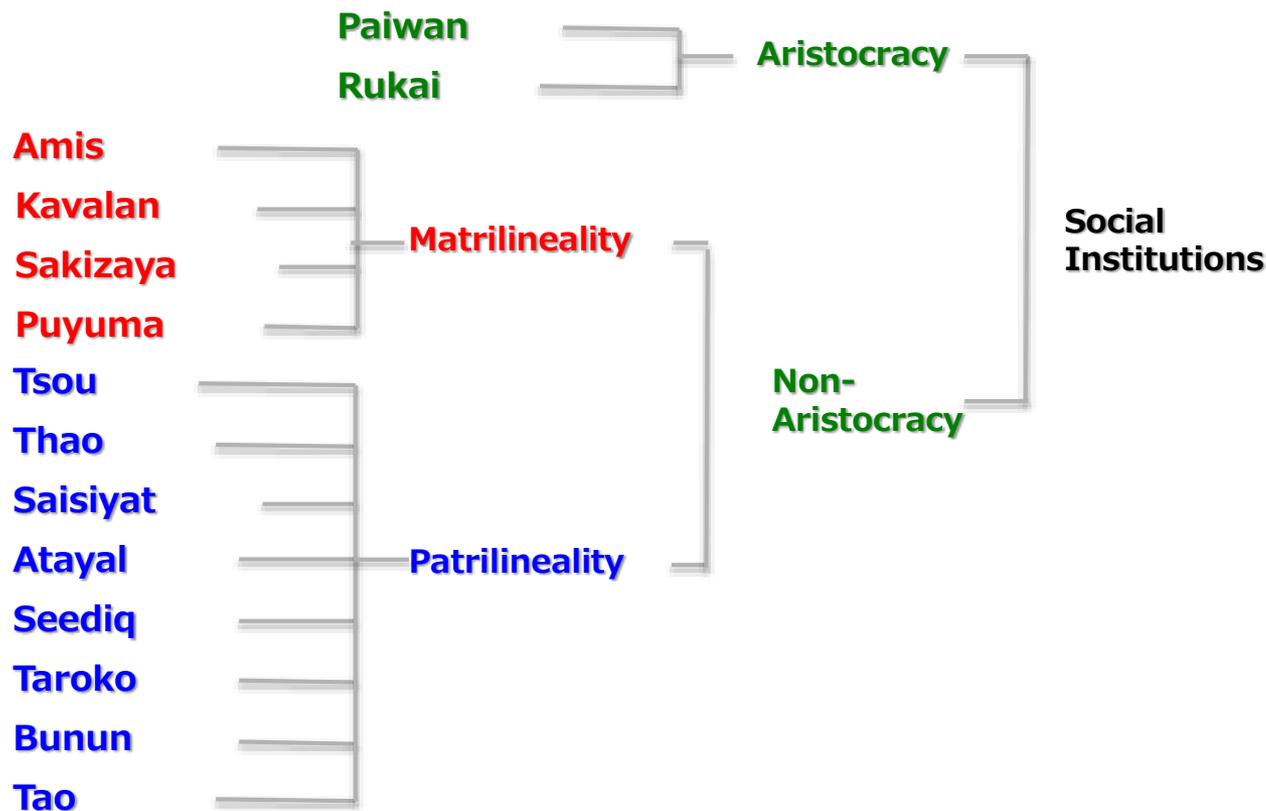
◆ 社会的地位の継承権

- 貴族社会 (Aristocratic): 指導者, 貴族, 戦士, 平民の地位が固定
- 一般社会 (Non-Aristocratic): 誰でも指導者になれる

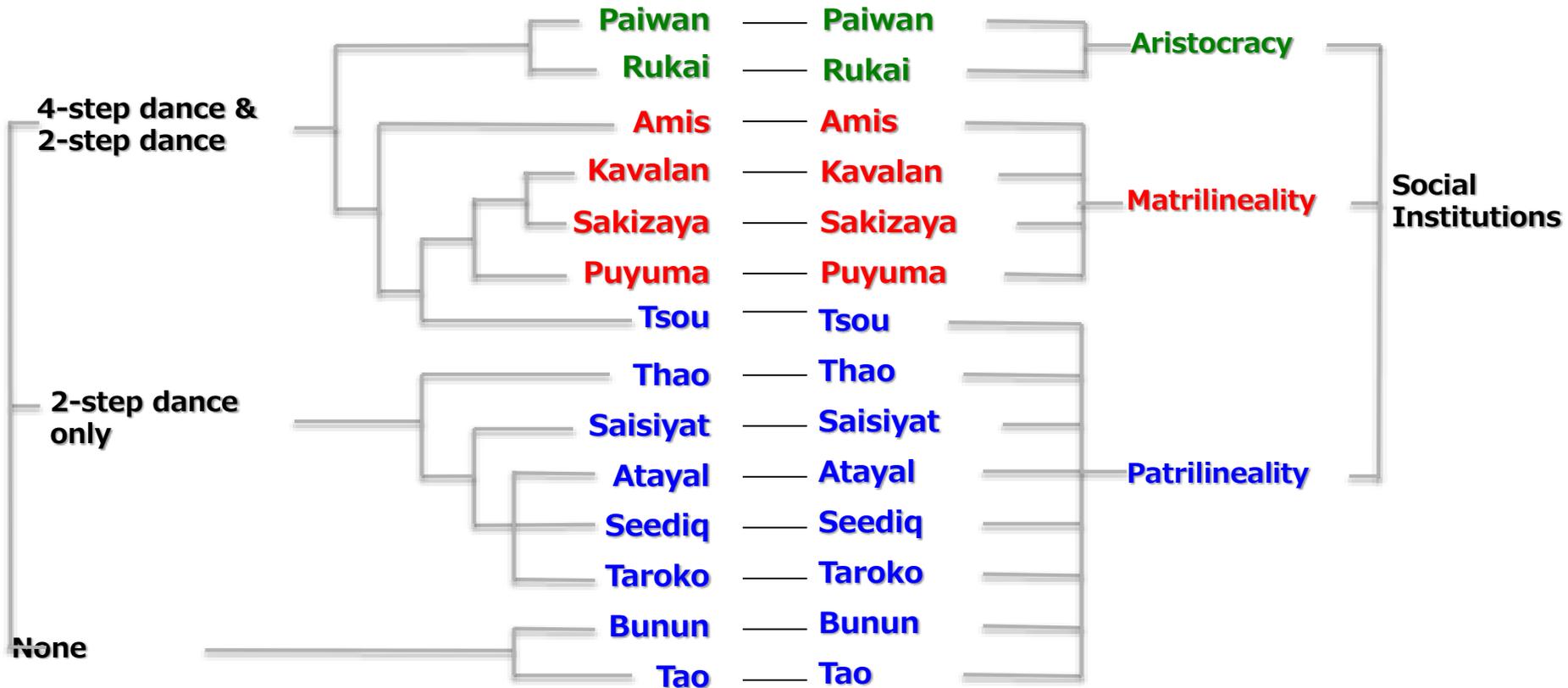
◆ 財産の継承権

- » 母系 (Matrilineality): 長女に継承
- » 父系 (Patrilineality): 長男に継承
男性の地位が通常高い

社会構造による部族の分類



社会構造と舞踏の分類木



社会構造による分類

- ◆ 舞踏の構造にもとづく部族の分類木は社会構造による部族の分類木と非常に似た構造を持つ
- ◆ 祭りの舞踏は社会構造と深い関係をもつのではないか

台湾族の祭りおどり

祭りの舞踏 = 社会構造

祭りの舞踏 \cong 方言

祭りの舞踏 \neq 遺伝子

\cong

◆ 推論:

- 祭りの舞踊は部族文化の中心？
- 部族文化は後天的なもので先天的なものではない

ディスカッション

タスクモデル

- ◆ 何をするか
- ◆ キーポーズ
- ◆ ラバノーターション

スキルモデル

- ◆ どうするか
 - 軌道
 - タイミング
- ◆ 踊り手個人差 & 音楽の速度
- ◆ ラバエフォート: 物理的な動きと感情・情緒をつなぐ

無形文化財

- ◆ 踊りの記述
- ◆ ロボットによる再現
 - 人間行動観察学習
 - タスクモデルとスキルモデル
- ◆ 記述に基づく踊りの分類

有形・無形文化財アーカイブ

◆モデル化

- 保存
- 修復

◆展示

- 教育
- プロモーション

◆分析

- サイバー考古学
- サイバー文化人類学

芸術と科学

- ◆ 中世:
大学 = 芸術 + 科学
- ◆ 20世紀
芸術と科学の分離・細分化
- ◆ 21世紀
– 芸術と科学の融合により新しい芸術と科学

参考文献

◆ 有形文化財

- **Bayon**: K. Ikeuchi and D. Miyazaki, Digitally Archiving Cultural Objects, Springer, 2008.

◆ 無形文化財

- **Task Model**: K. Ikeuchi and T. Suehiro, “Toward an Assembly Plan from Observation,” IEEE Trans. R&A, 10(3), 1994.
- **Lower-body**: S. Nakaoka, et. al.: “Learning from Observation Paradigm: Leg Task Models for Enabling a Biped Humanoid Robot to Imitate Human Dances”, The International Journal of Robotics Research, 26(8), pp. 829-844, 2007.
- **Upper-body**: T. Shiratori, et. al.: “Detecting Dance Motion Structure using Motion Capture and Musical Information”, In Proc. Intl. Conf. on Virtual Systems and Multimedia (VSMM), 2004.