

# D-Caseを使ったロボットの ディペンダビリティの保証

加賀美 聡

- 産業技術総合研究所 デジタルヒューマン工学研究センター  
副研究センター長
- JST CREST「実時間並列ディペンダブルOSと  
その分散ネットワークの研究」プロジェクト研究代表者
- Carnegie-Mellon Univ. Robotics Institute. Adjunct Faculty
- 東京理科大学 理工学研究科 機械工学専攻 客員教授
- 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学専攻  
デジタルヒューマン学連携講座 客員教授





# ART-Linux (<http://sourceforge.net/projects/art-linux/>)



## ヒューマノイドロボット



HRP-1S(産総研) HRP-2P HRP-2 (産総研・川田工業) HRP-3P HRP-3



R-daneel (東大・國吉研) HRP-2m (産総研) i-1 (情報通信研究機構) I-VY (横浜国大 藪田研)

## マニピュレータ

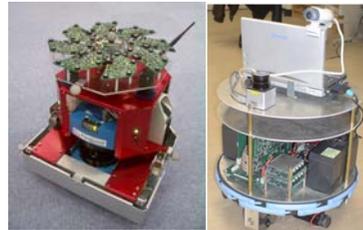


Haptic(産総研) HRP-2Hand(産総研) 多指ハンド(産総研)



Haptic(産総研) PA-10(三菱重工業・産総研)

## 車輪型ロボット



pen2r(産総研) SELF (茨城大 森研)



放射線量マッピングロボット (富山高専、東大) FUSION(九州大・福岡大チーム) (ロボカップジャパンオープン2001)



Prototype of Omnidirectional Mobile Robot(右) The WinKIT Robot(左)(金沢工大)

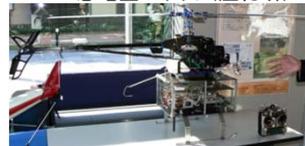


スピーカレイシステム(東京理科大学 溝口研)

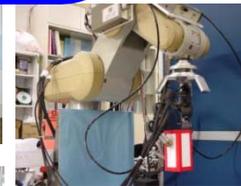
## その他



恐竜型ロボット(産総研)



自立型無人ヘリコプター(産総研)



MoveMaster (筑波大 相山研)



スピーカレイシステム(産総研)



リハビリ支援ロボットApriAlpha(東芝) Halluc II (千葉工業大学fuRo) (愛知産業研究所)



fuRo Motor Driver (千葉工業大学、ピューズ) (岡山大学)

# 非実時間SMPと実時間AMPの組み合わせにより実現されるディペンダブルシステム

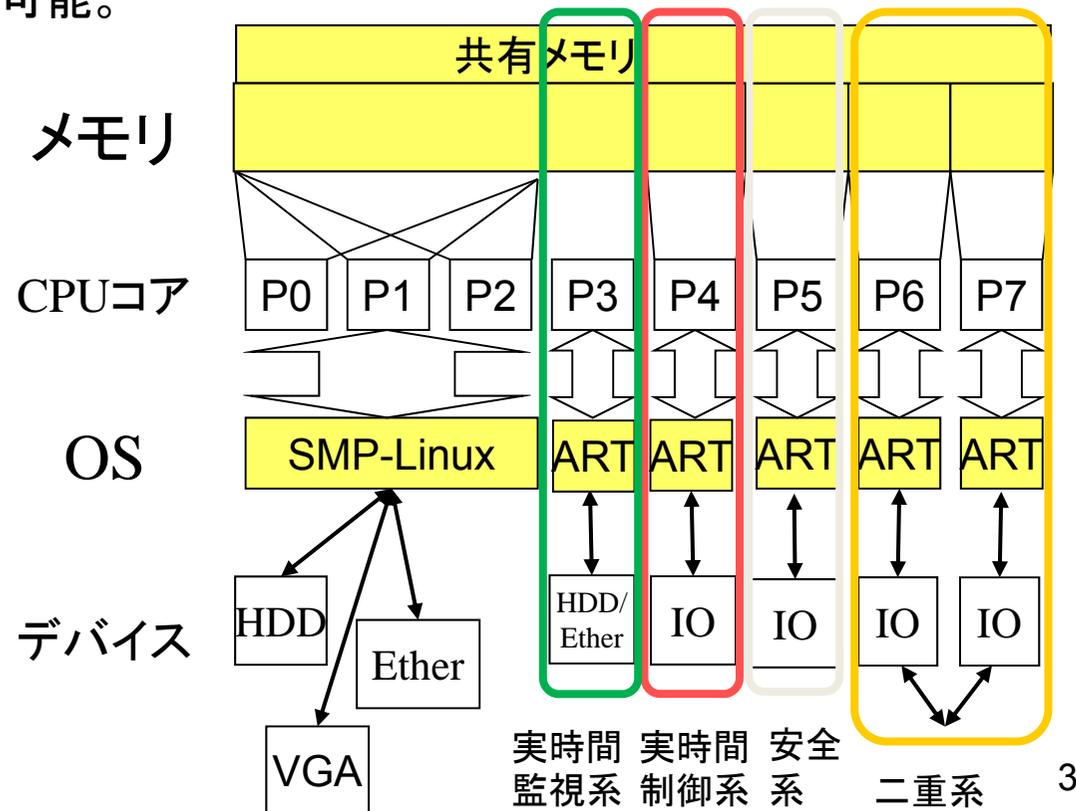


## <アイデア>

- システムに存在するコアのうちいくつかで ART-Linuxを複数独立に走らせ、これらを共有メモリで連結する。
- 多重化、オンライン監視、システムログ、デバイスのアイソレーション、安全系の独立化などが可能。

## <例>

- 通常のSMP Linux 3コア上でアプリが動作
- 実時間監視系が他のシステムの挙動を観測し記録したり送信する
- IOに接続された ART-Linux上で実時間制御系が動作
- 異常が起きた時には緊急停止系がシステムを安全に停止
- 重要なシステムはハードウェアを含む二重系で構成



# カメラ画像からのジョイスティック操縦に基づく自律二足歩行



## 使用した機能

- 実時間
- 複数コア
- ログ

環境の形状を計測し、オペレータがカメラで見て指示した方角に向かって、足跡を計画し、動的安定な歩行制御を行う。

# 自律二足歩行

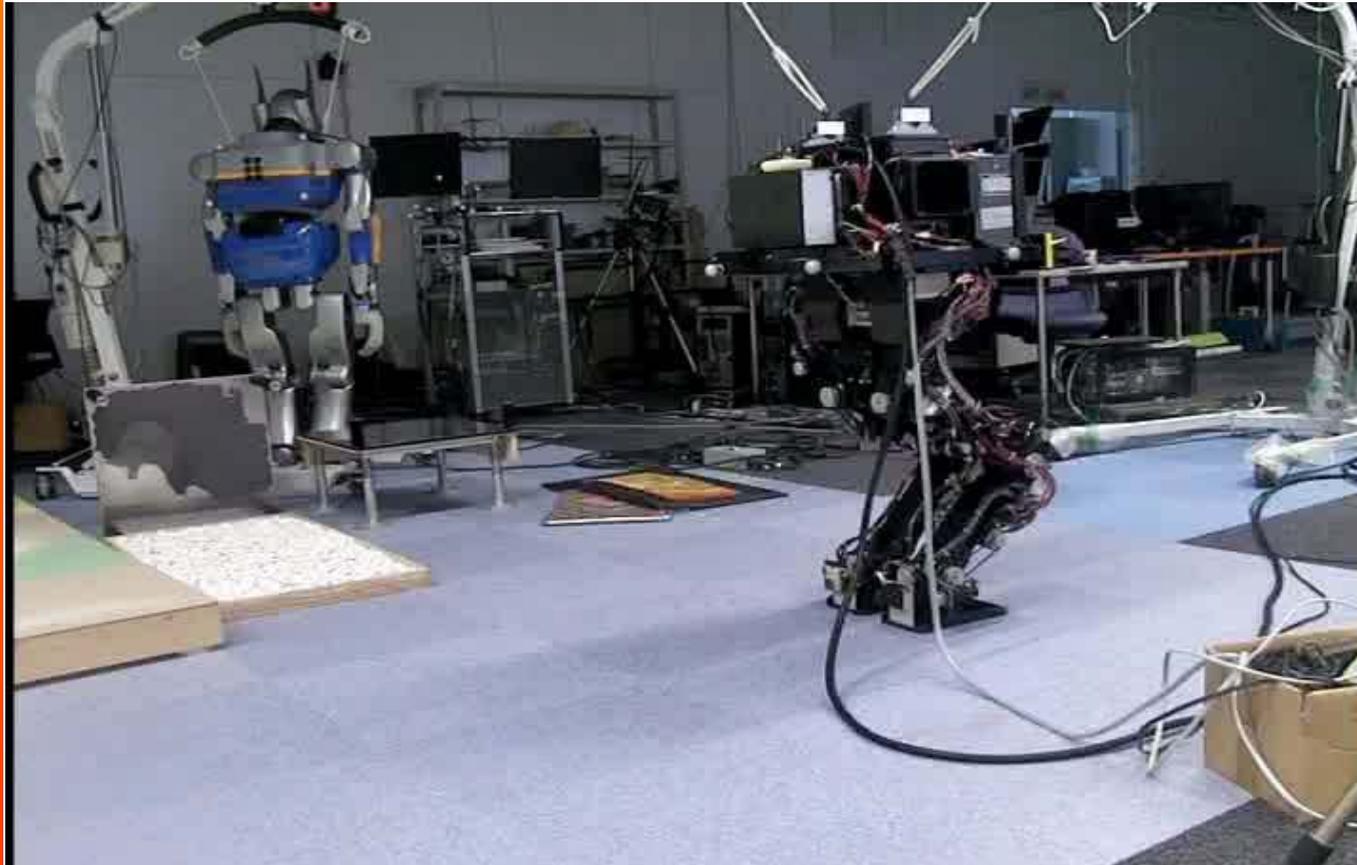


## 使用した機能

- 実時間
- 複数コア
- ログ

指定された経路に沿って環境の形状を計測し、足跡を計画し、動的安定な歩行制御を行う。

# COP-ZMP軌道の高速探索手法による 二足歩行の着地位置・時刻最適化の実現



## 使用した機能

- 実時間
- 複数コア利用

胴体が動いたことを検出して、330us(i7-4GHz)で並列に  
三歩で踏みとどまる歩行軌道を探索(パラメータ3つ)。

# ロボットへのDEOSプロセス適用

- 日本科学未来館の展示フロアの巡回ロボット
- D-Caseの合意は開発者と日本科学未来館の間で行う



## D-Case作成と合意の作業中

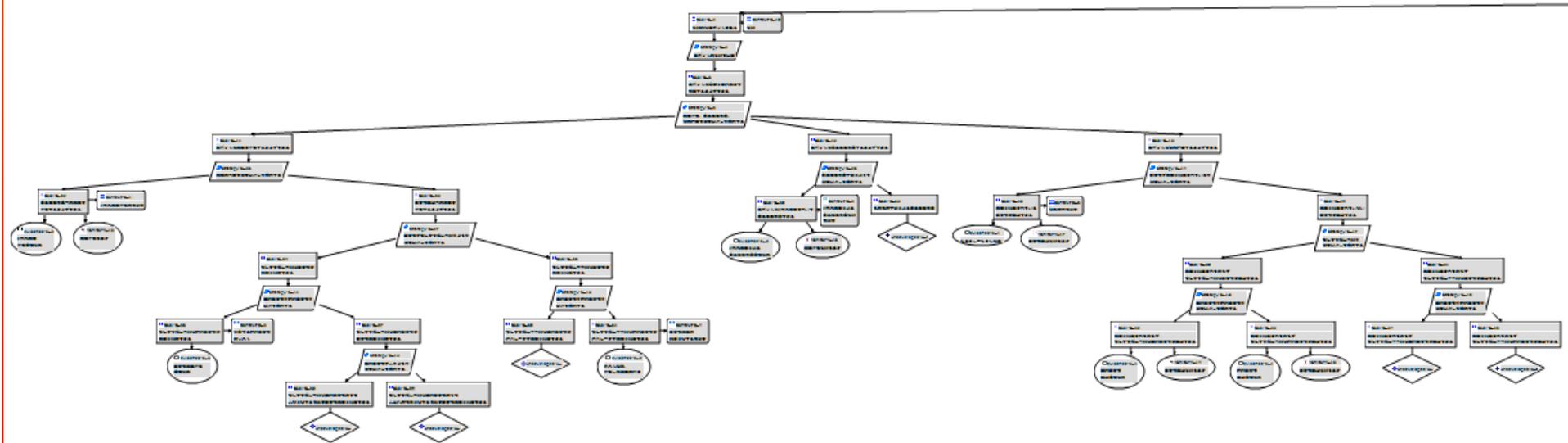
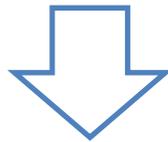
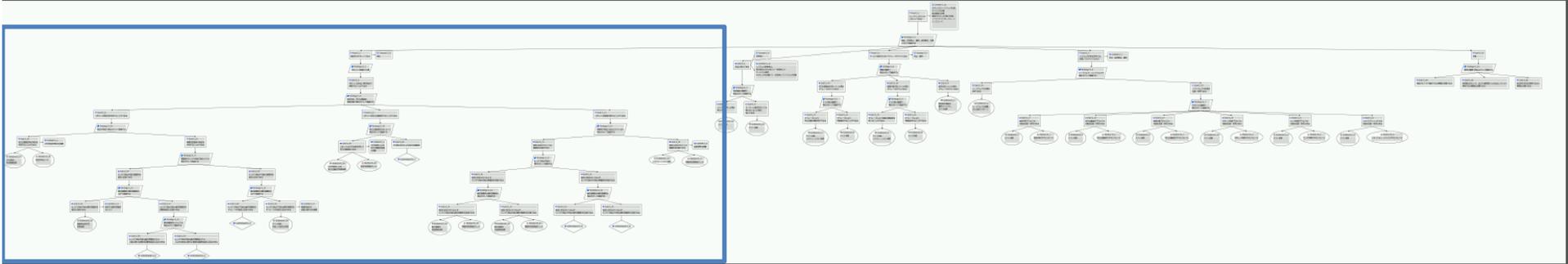
### ■ 内ループと外ループに分けて議論

- 自律移動機能
- 安全停止
- 運用方法(人がついている)
- 説明責任(すべてのモニターノードとセンサの入力を記録)
- 改善(想定内および想定された未対応項目への対応)

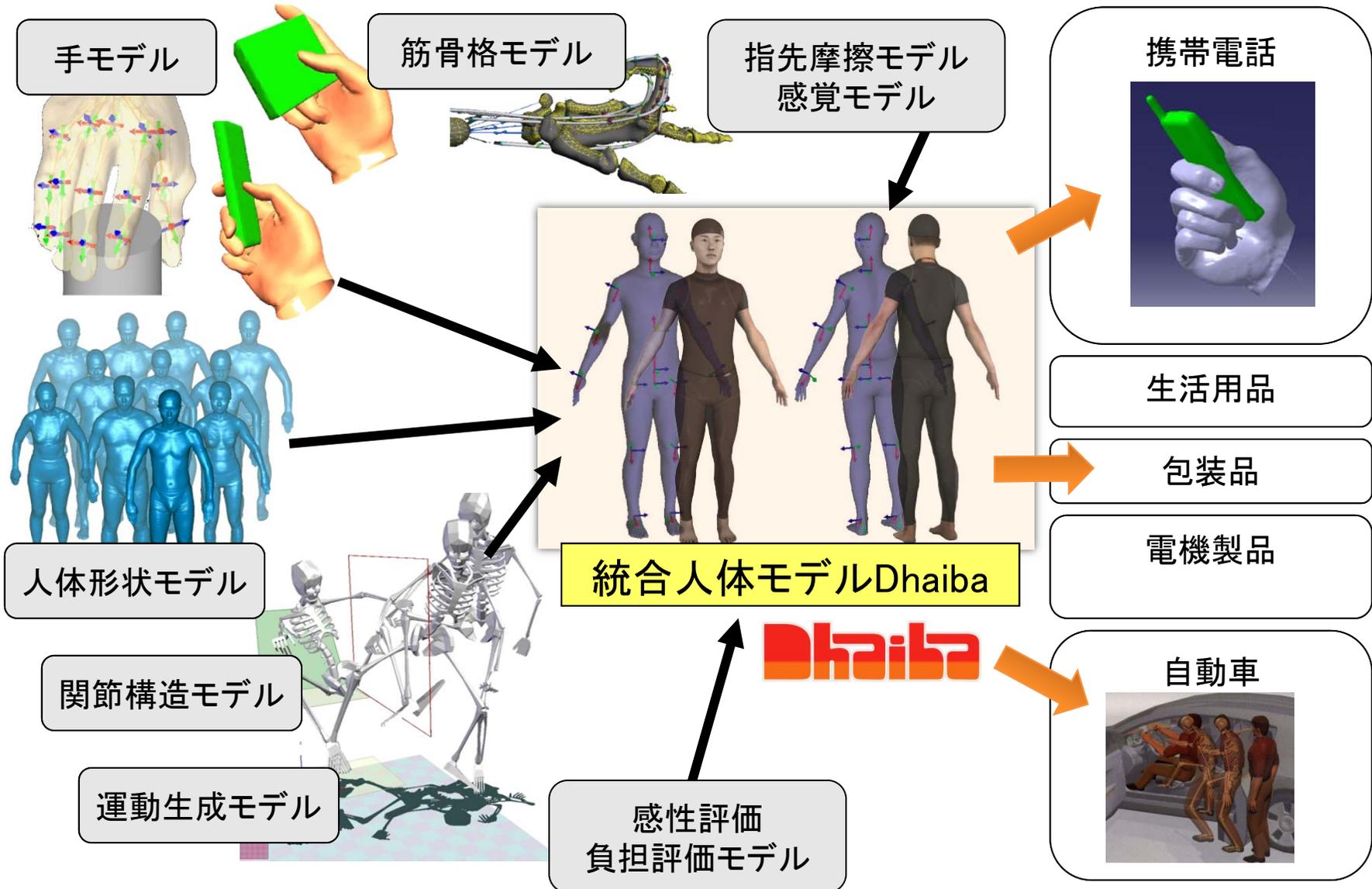
### ■ 要素数

- Goal 66
- Evidence 29
- Strategy 28
- Context 12
- Undeveloped 7
- Monitor 17
- 合計 159

# 作成したD-Case木(機能)

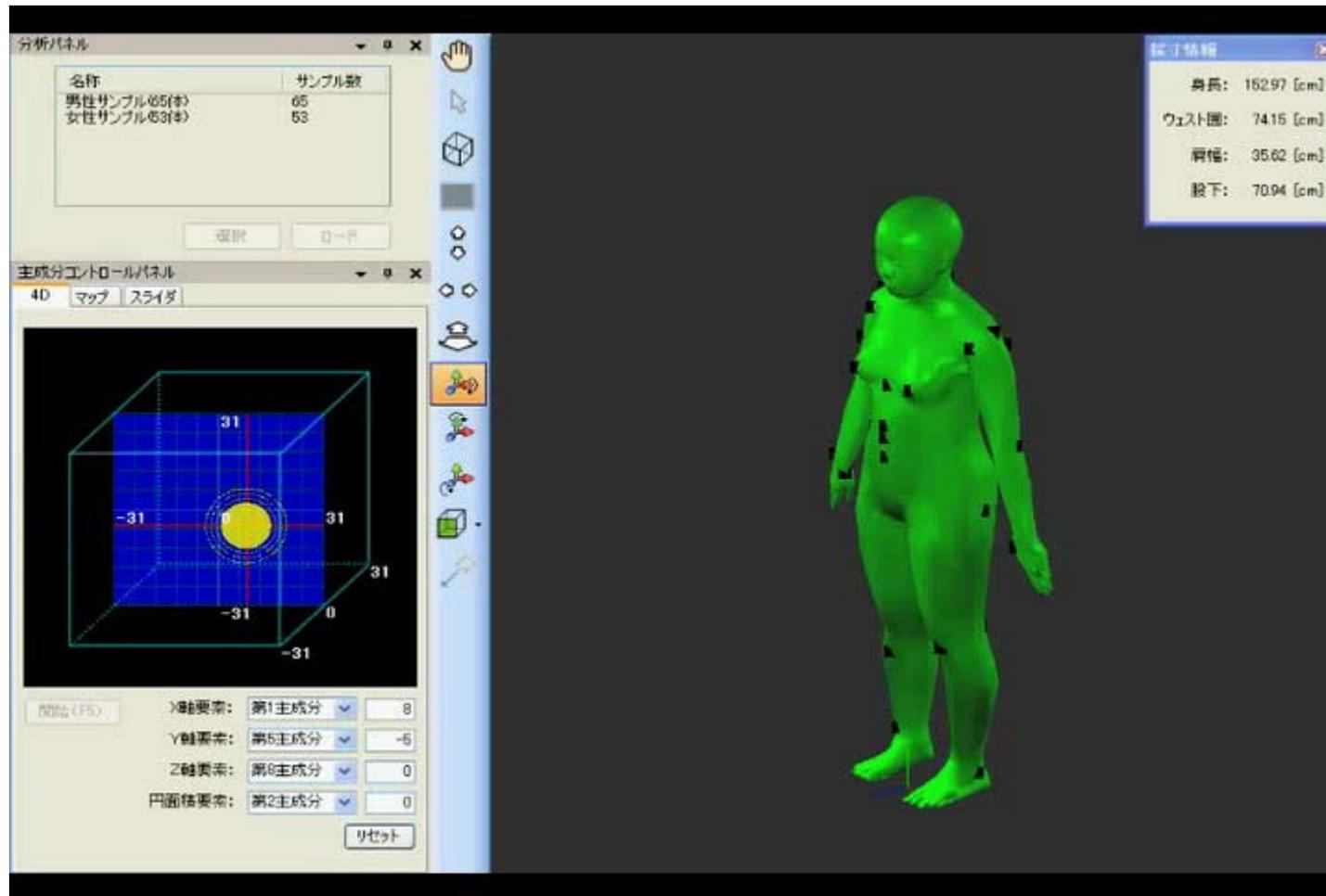


# 人体モデルDhaiba 身体機能中心デザイン



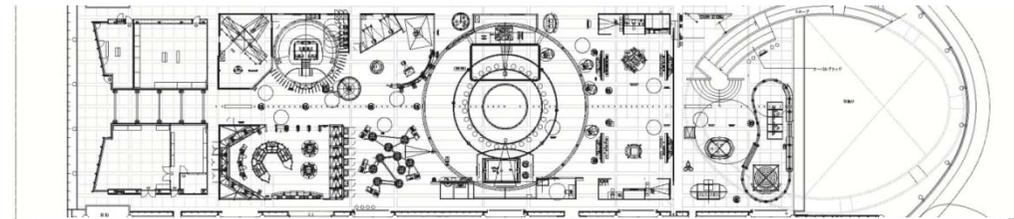
# 体形データベースに基づく体形生成

- 体形データベース → 相同モデル化 → 主成分圧縮
  - 細分割曲面を用いて同数頂点のモデルを自動生成

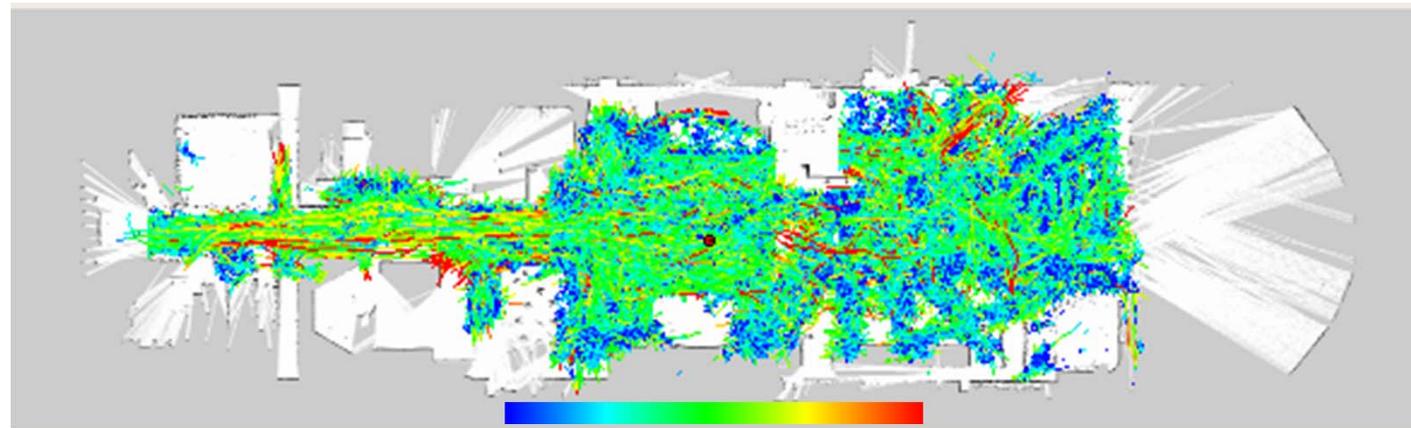
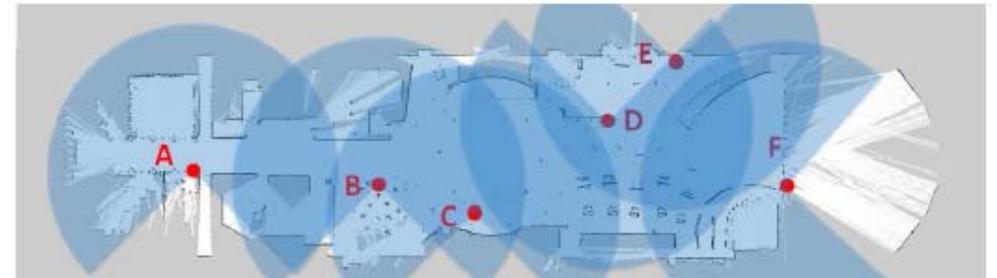


# 人の移動軌跡計測実験

- 環境中にLRFを6台設置し、人の移動軌跡を計測  
平日 10:00~17:00



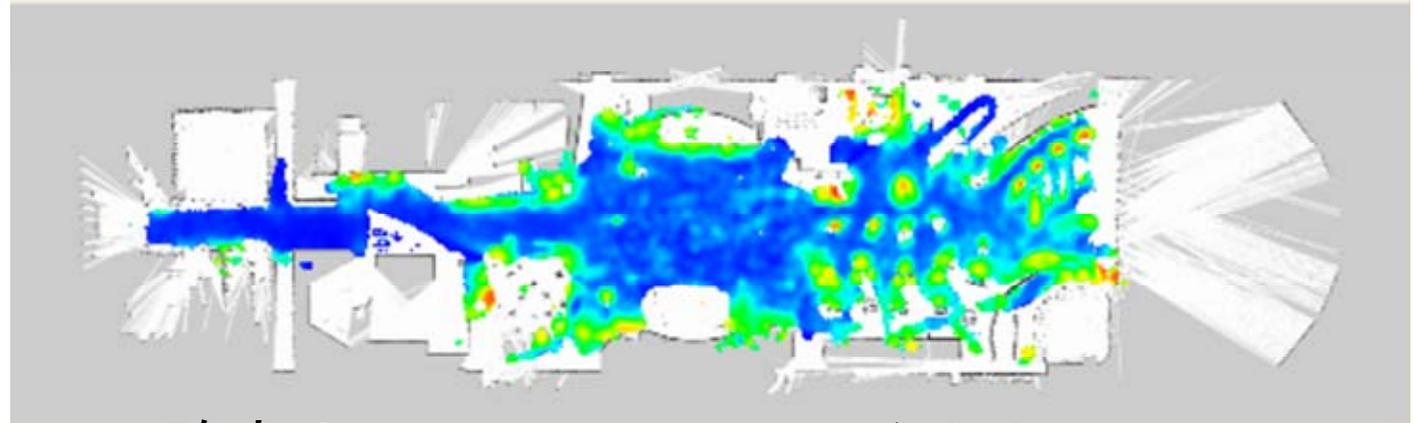
計測した移動軌跡数:  
のべ126,839本



0 速度  $v$   $V_{MAX}$

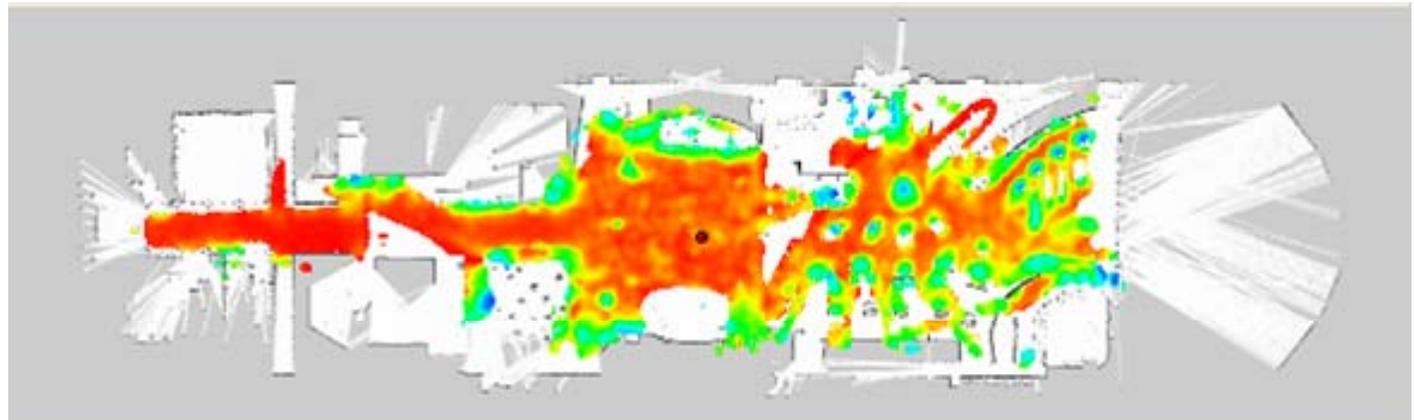
# 人の移動軌跡地図作成結果

- 滞留確率



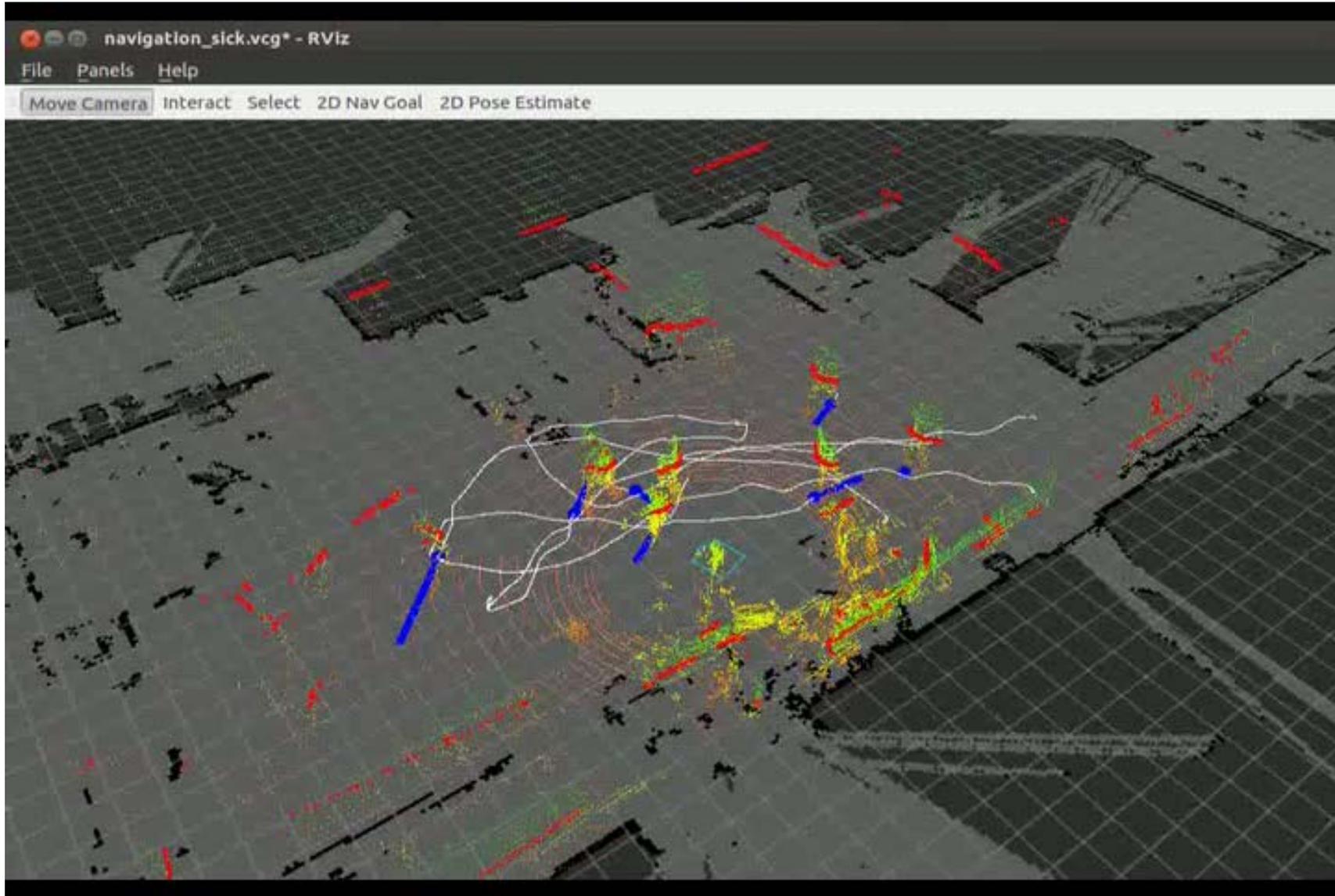
確率小  確率大

- 平均移動速度

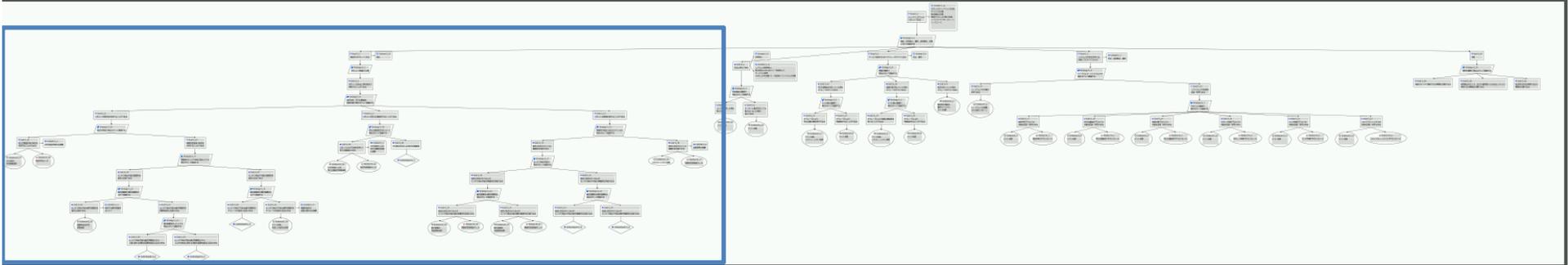


速度小  速度大

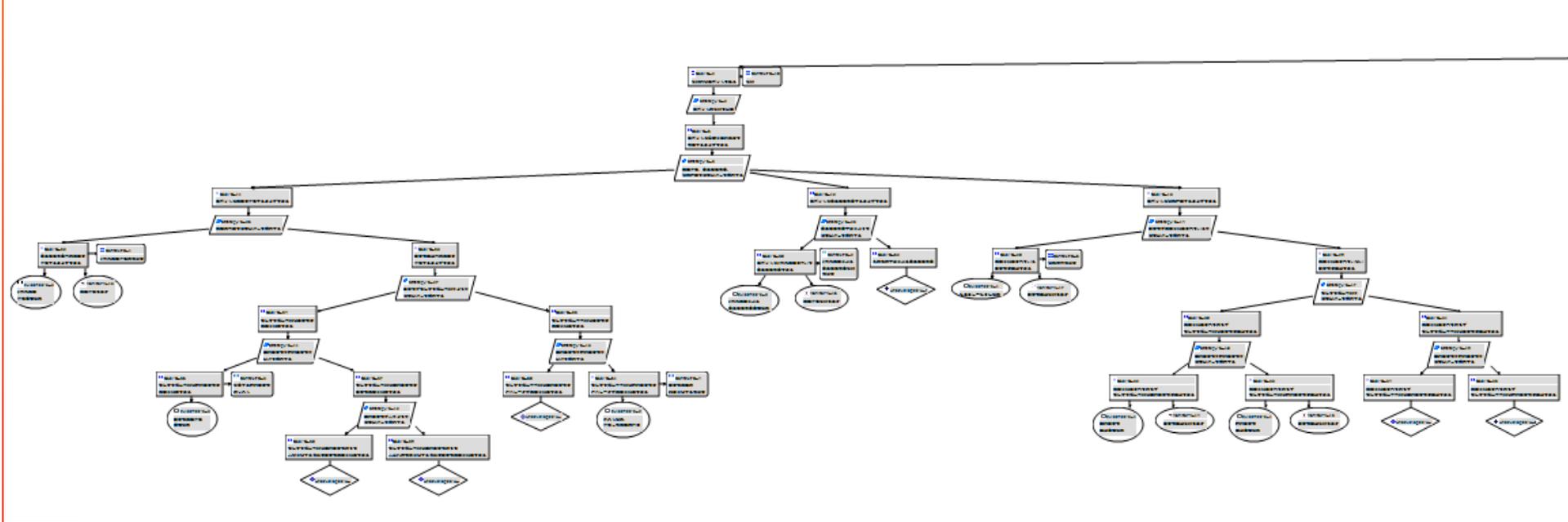
# レーザー距離センサからの人環境認識



# 作成したD-Case木(機能)



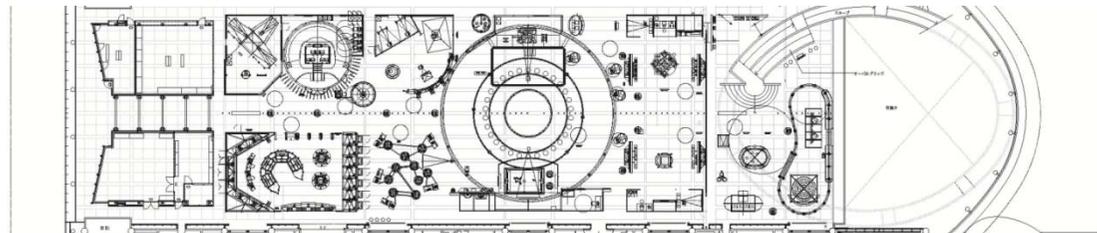
Center



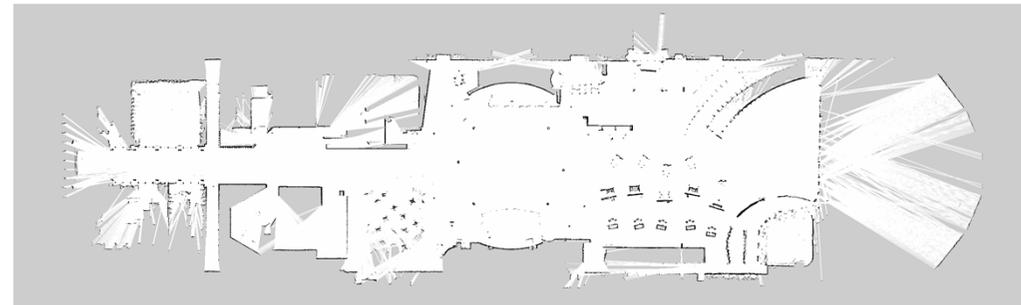
# 障害物存在頻度地図生成結果

- 閉館後，人のいない環境下で4日計測

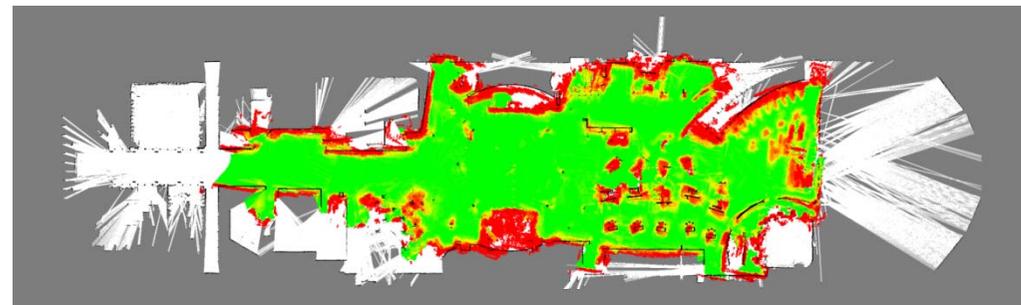
CAD図面



2次元形状地図



障害物存在頻度地図

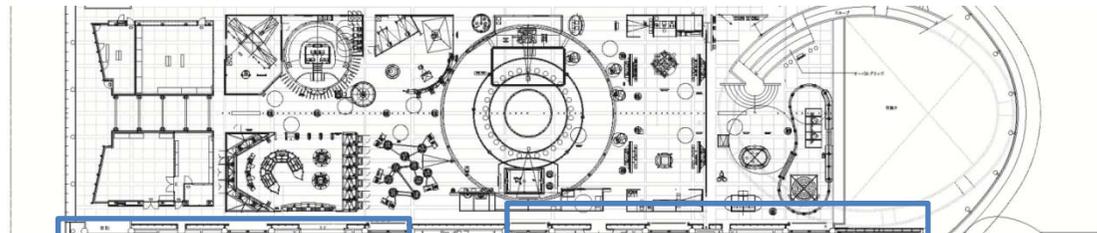


頻度小  頻度大

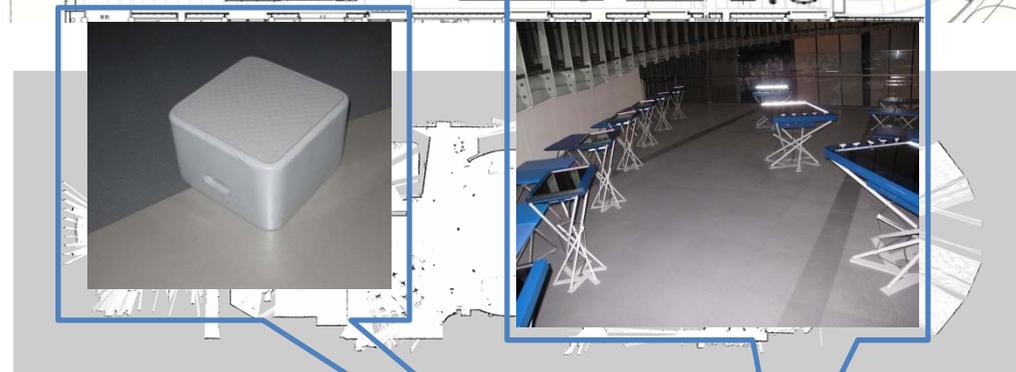
# 障害物存在頻度地図生成結果

- 閉館後, 人のいない環境下で4日計測

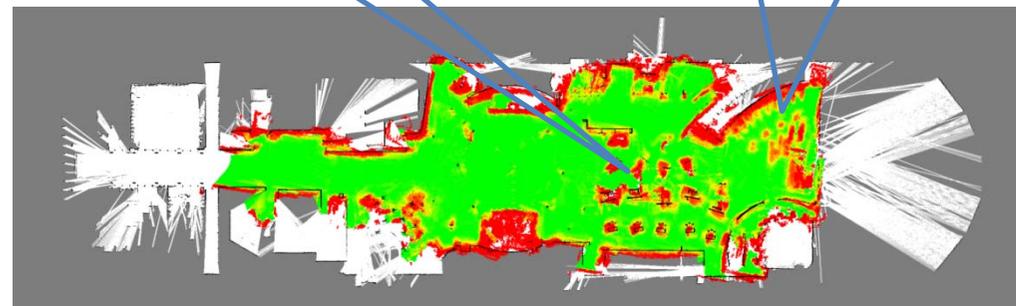
CAD図面



2次元形状地図

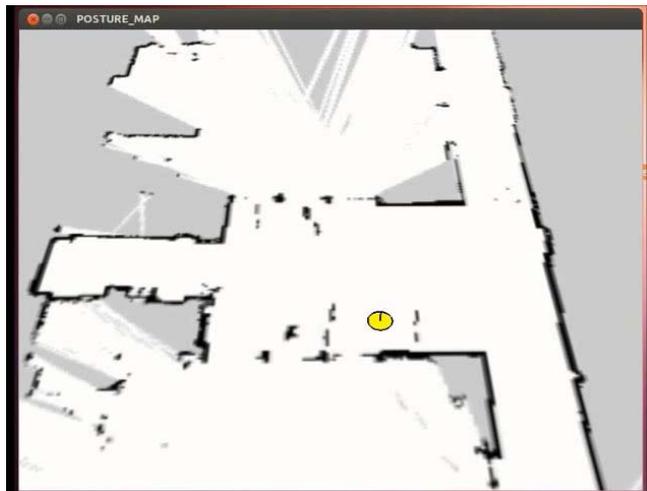
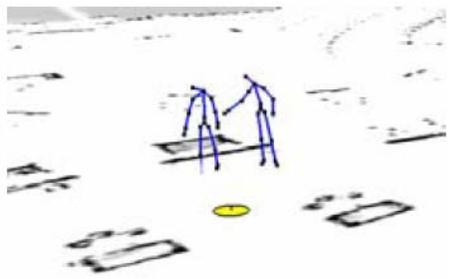
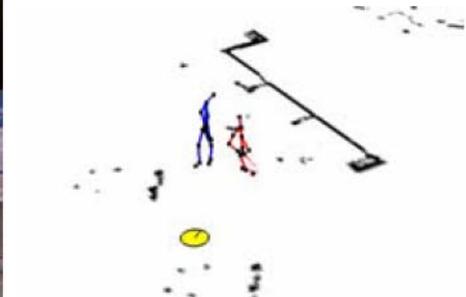
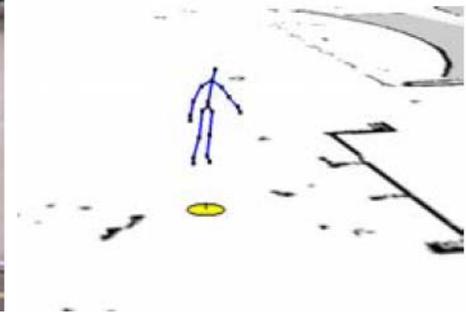


障害物存在頻度地図

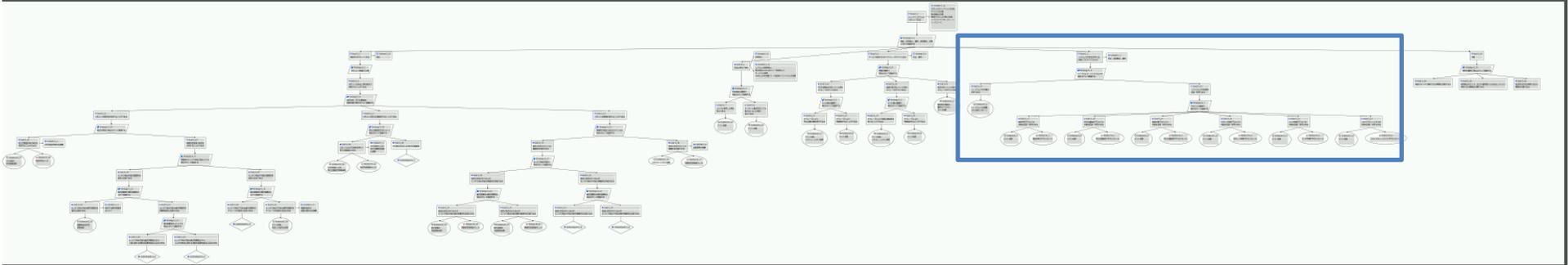


頻度小 頻度大

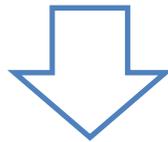
# 姿勢検出と地図統合



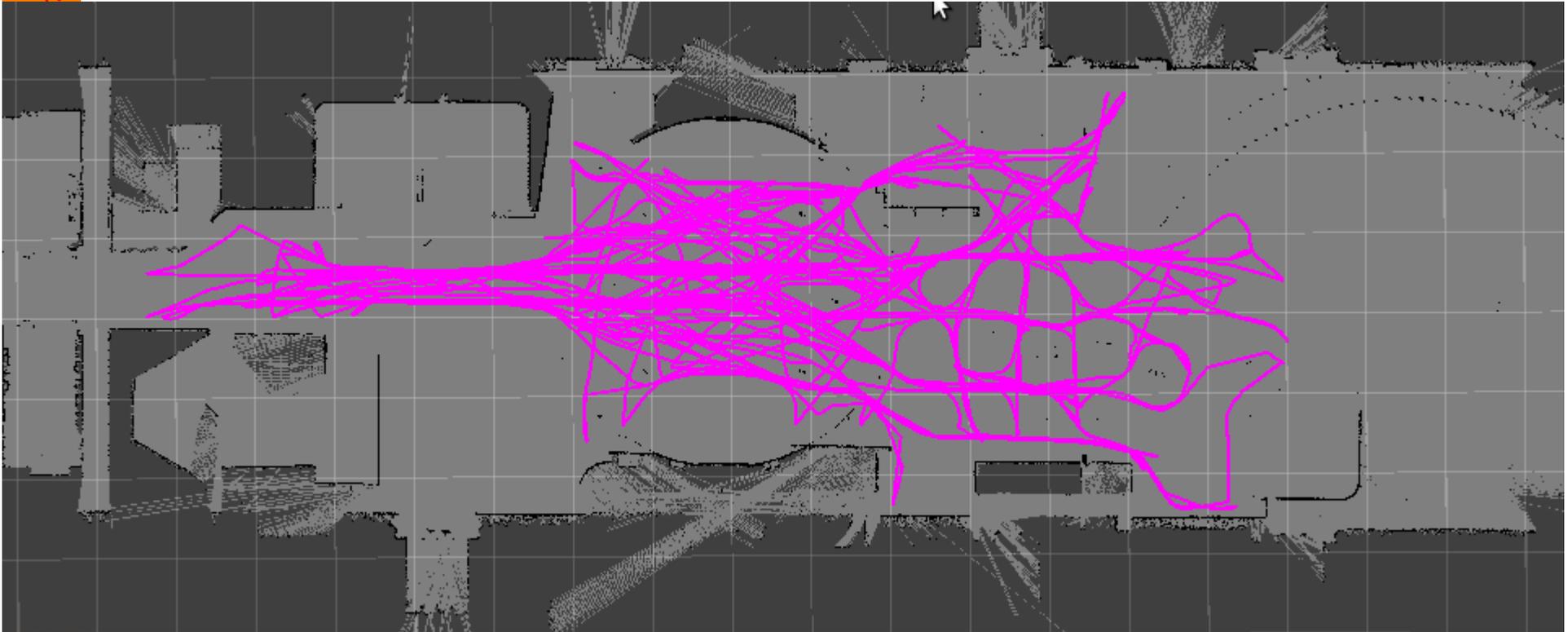
# D-Case Tree (モニターノードによる説明責任)



Center

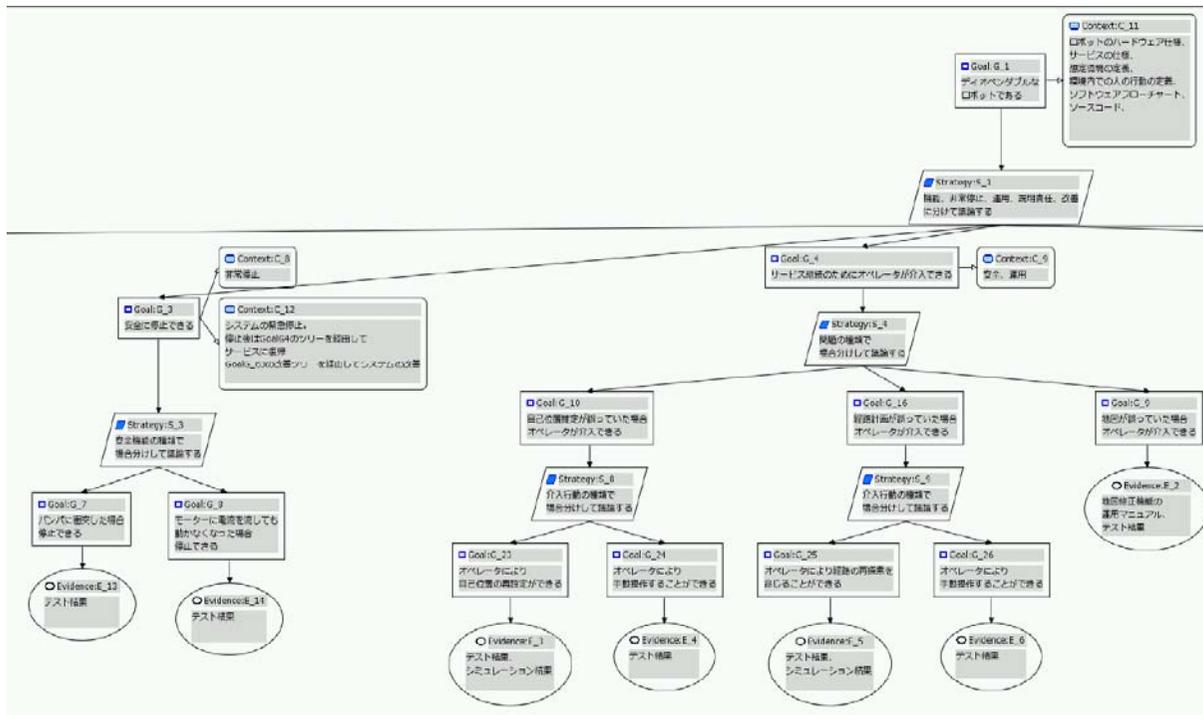
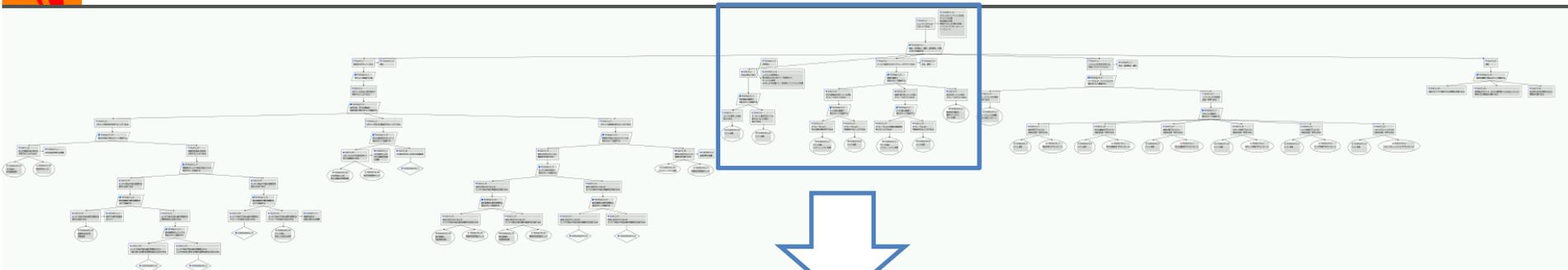


# 自律走行実験(4月17日、約3時間)



- 総移動距離: 2,455[m]
- 位置認識の精度
  - 角度の共分散: 最大: 0.07[rad]、平均: 0.032[rad]
  - xyの共分散: 最大: 567 [cm<sup>2</sup>]、平均: 73.26[cm<sup>2</sup>]

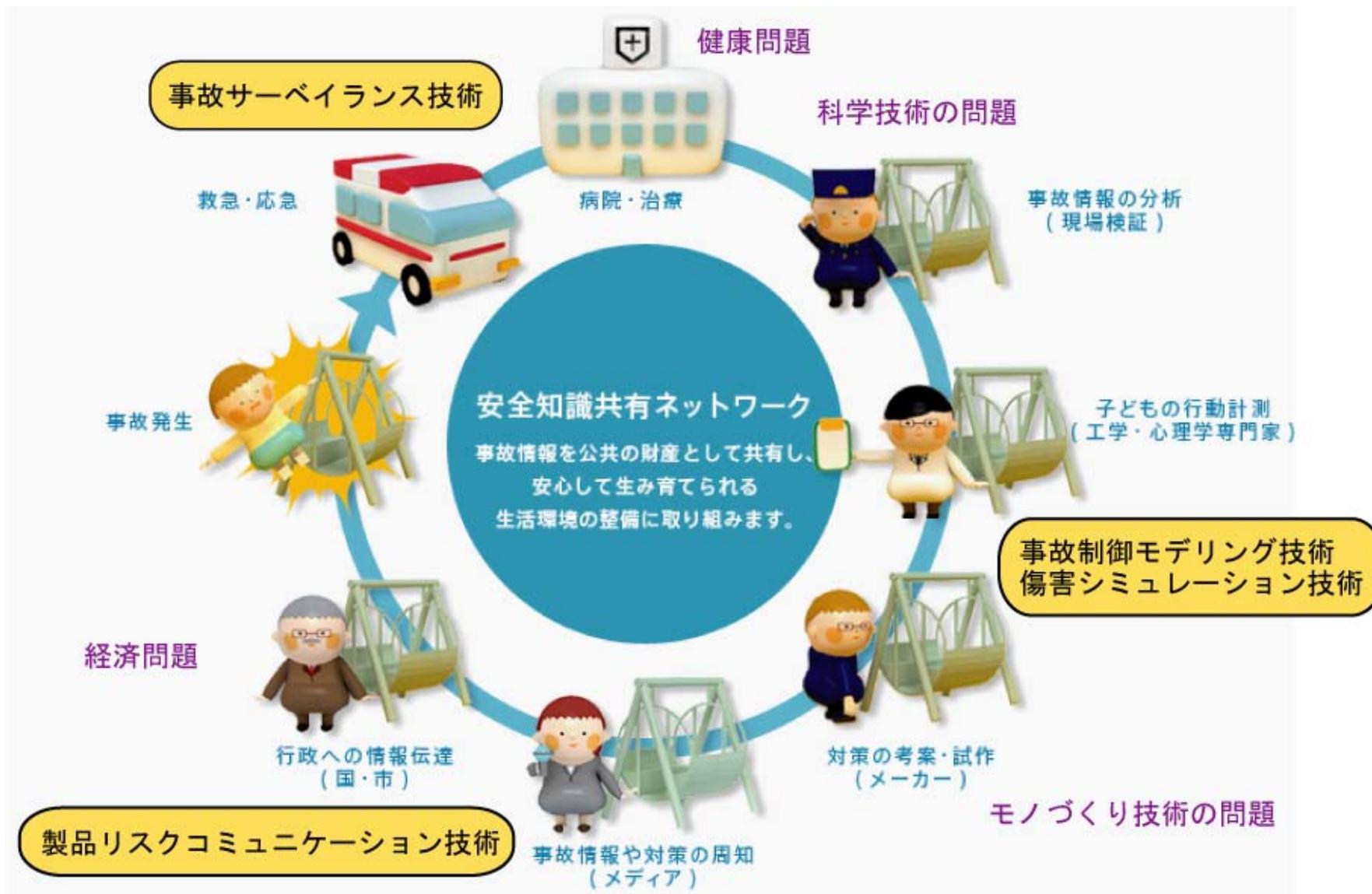
# 作成したD-Case木(安全)



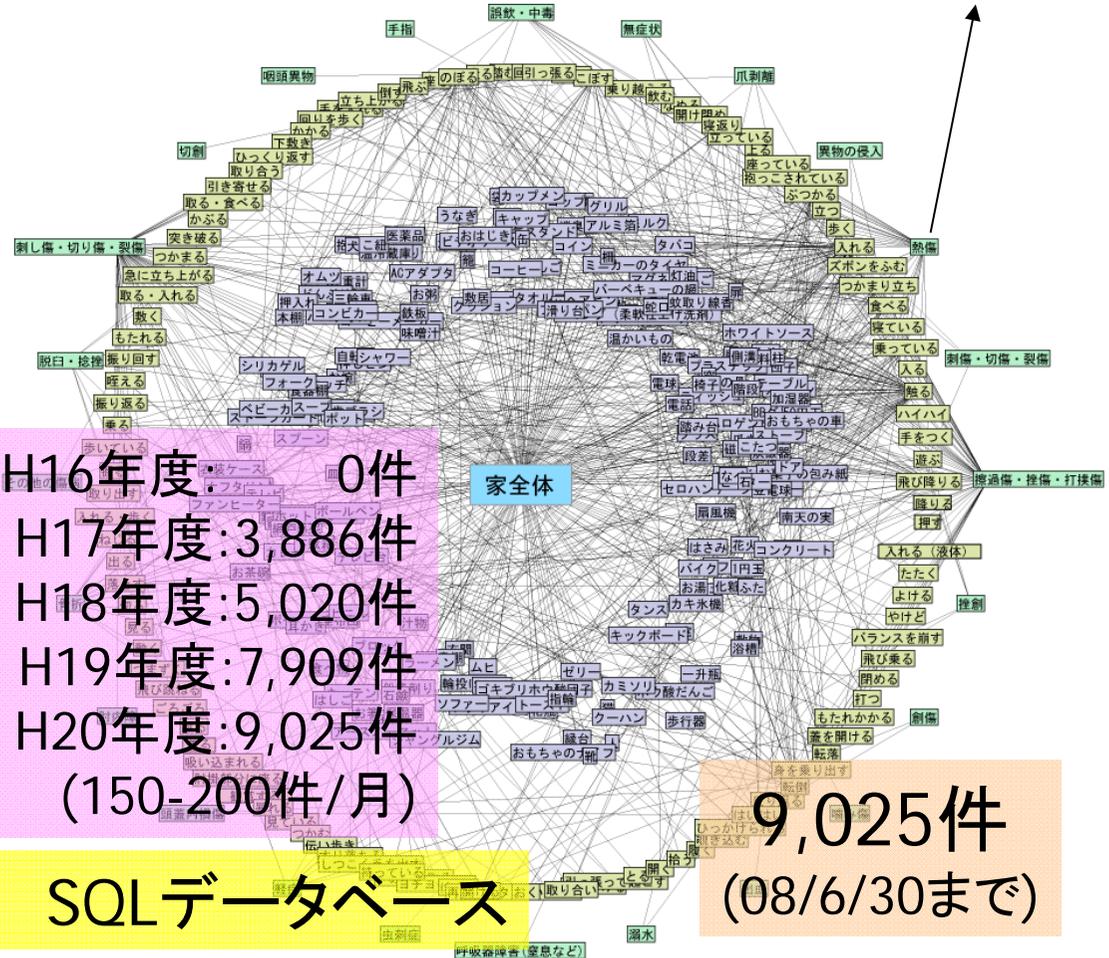
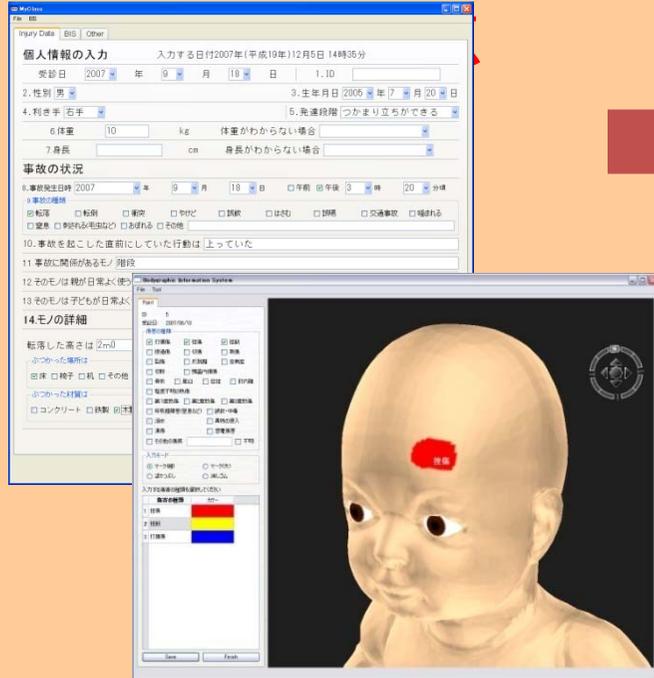
# 技術体系（傷害予防工学）と社会体系（安全知識循環）

日本ブランド化戦略としてのキッズデザイン

世界でも新しい業際・学際的仕組みの確立（技術・データ・人）

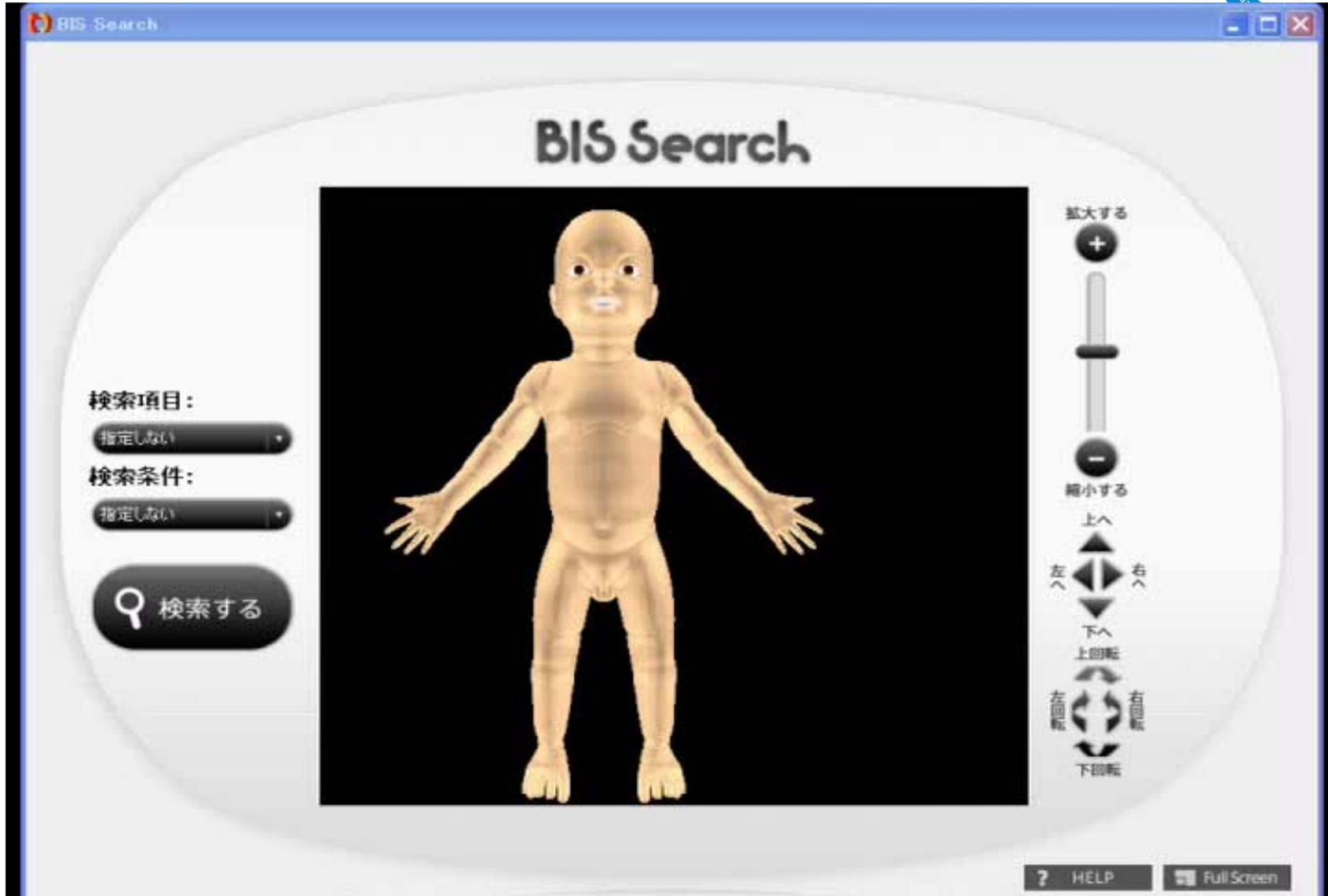


# インターネット型社会現象センシング 事故サーベイランスシステム



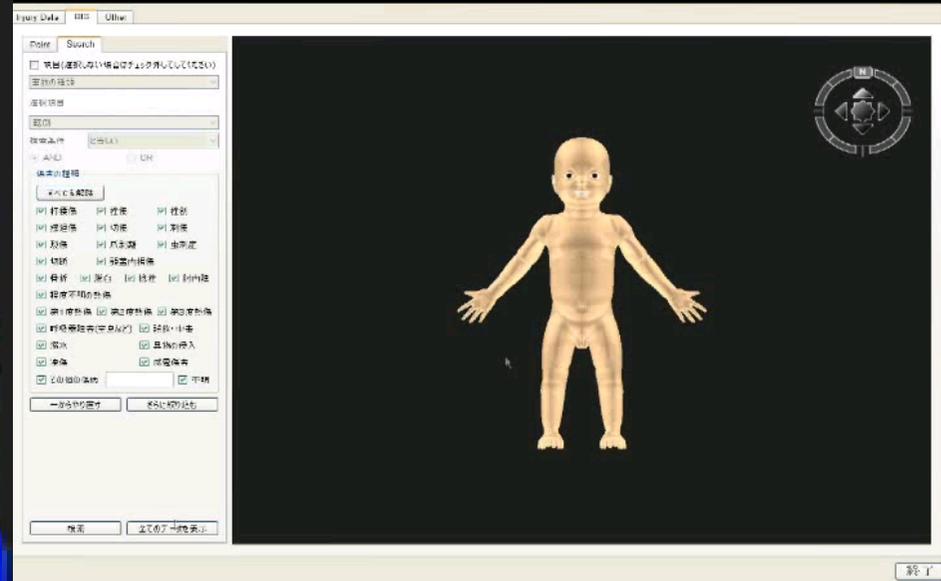
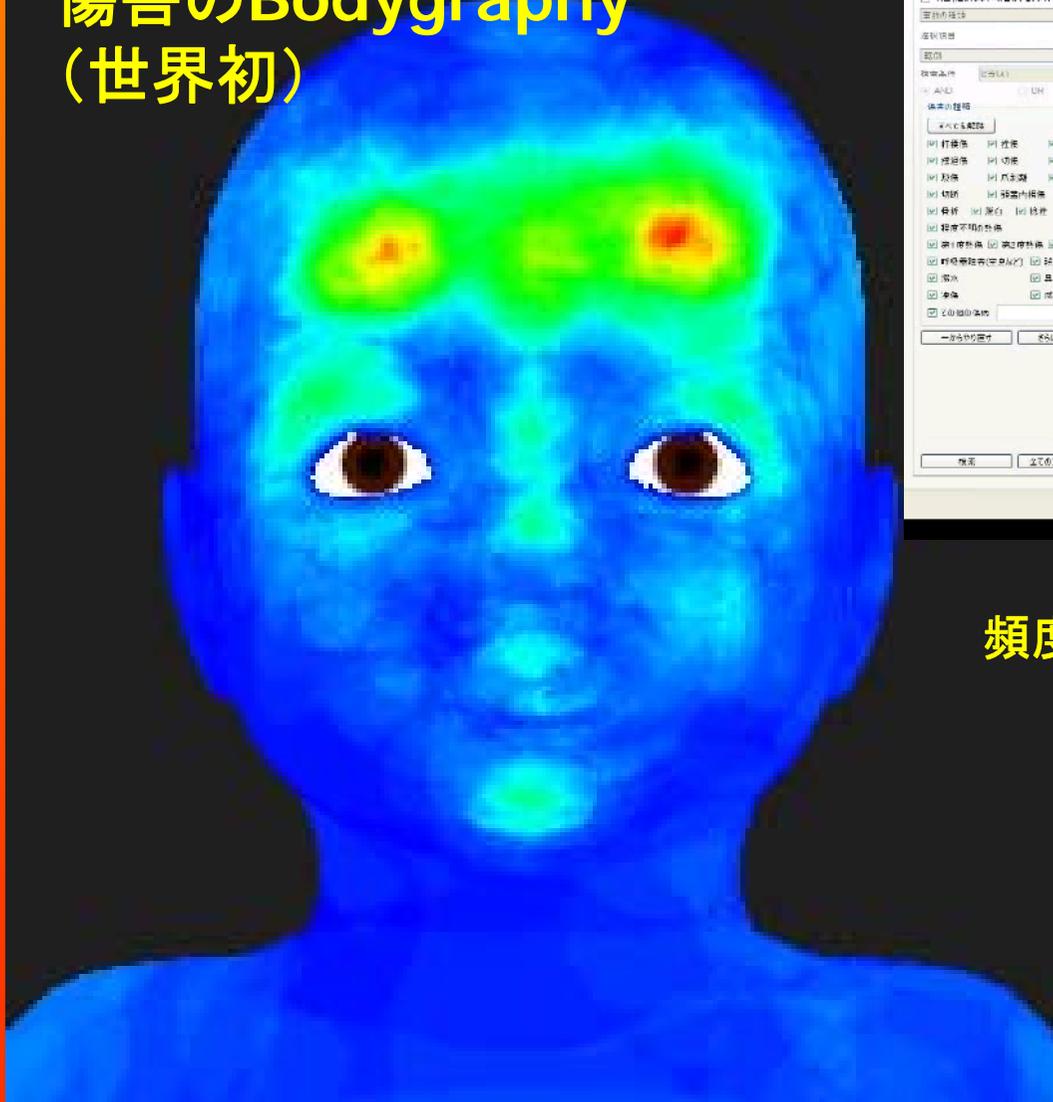
- ◆ **小規模 (運用の検証)**
  - ◆ 緑園こどもクリニック (診療所)
- ◆ **中規模 (運用の検証)**
  - ◆ 国立成育医療センター (子どもの専門医療機関)
- ◆ **大規模 (疫学的リサーチ)**

# 傷害情報検索サービスの例



# 身体地図情報システムを用いた傷害データベース 怪我の場所・頻度・大きさの「標準化」「蓄積」「検索」「可視化」

## 傷害のBodygraphy (世界初)

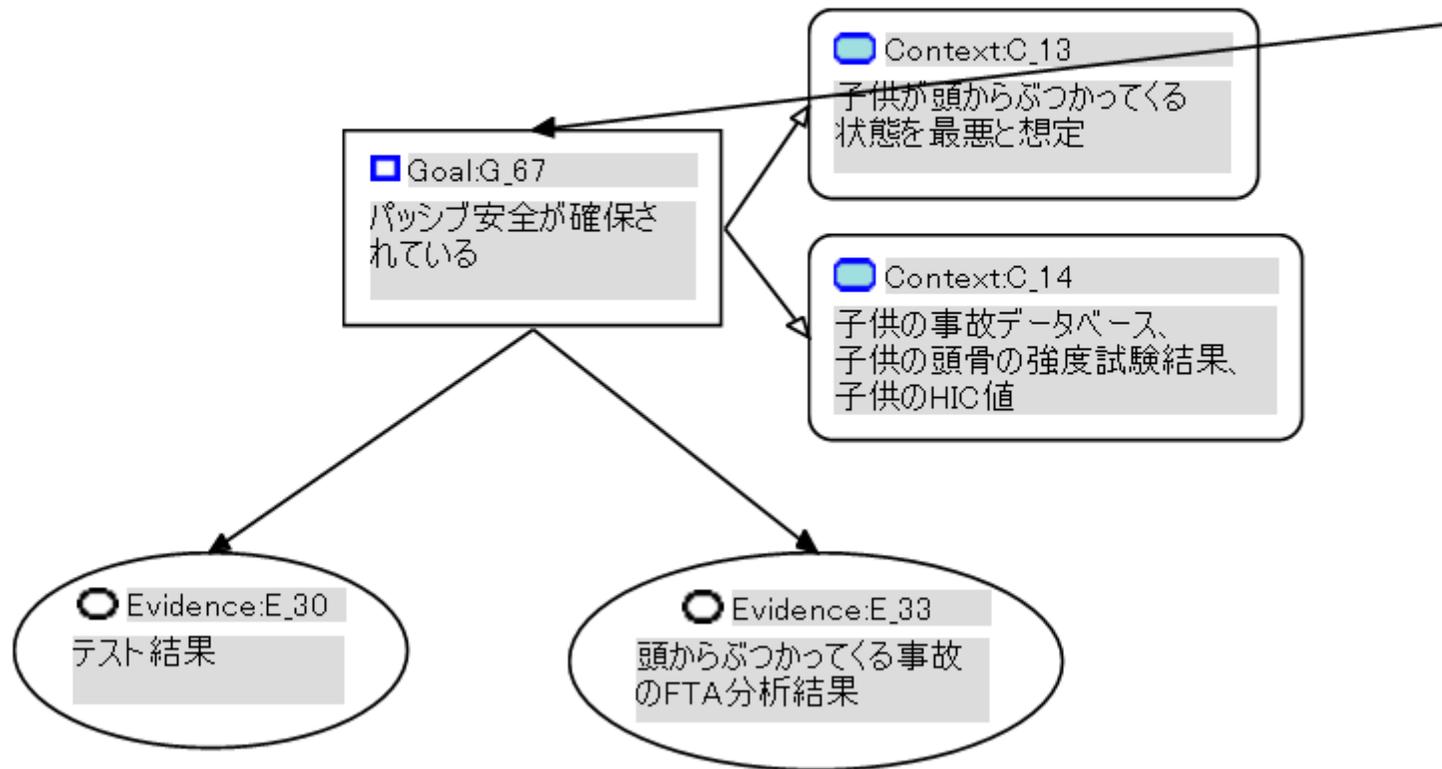


頻度: 頭部・膝部で、左右の有意差

協力: 国立成育医療センター  
(1,628例 0-19歳)

坪井ら, "身体地図情報システム," 日本  
知能情報ファジィ学会誌, Vol. 20,  
No.2, pp. 155-163, 2008

# パッシブセーフティの議論の一部



仕様を決定し、現在設計中

## D-Caseを利用した知見(1)

- D-Case の本質的な問題よりも先に、D-Case Editor の表示の悪さ、操作のやりにくさ、印刷の不可能さ、などがD-Caseを普及させるときの最初の障害になる。
- 誰がどのサブツリーについては agree したというサインか、あるいはこれがあれば納得する、このリスクで合意したなどの、コメントが重要。またこれらの議論の時系列の変化が重要なので、バージョン管理、議論管理などのツールとなって欲しい。(D-ADDにより改善予定)
- 議論の範囲がアプリによりシステムだけでも膨大。利用環境側は限定できないとオープン問題。従ってフレーム問題となる。まずはトップレベルの範囲を共有しないと合意が始まらない。コンテキストが下の方に適切な範囲を導入すると、木全体の一貫性に疑問。
- エビデンスとしてのドキュメントの部分へのポインタと逆ポインタが欲しい。エビデンス改編があった際に、元の木のどこに対応しているのか判らない(D-ADDで改善?)

## D-Caseを利用した知見(2)

- 動的な状態遷移、動的なスコープを表現しにくい。(できないとは言わないが、動的の次元が上がると不可能と言える)。また多次元の状態を表現することも事実上不可能。必然的にノードに押し込めることになる。
- 部分木の改編に対して、全体のコンフリクトを見渡したり、統合する方法がない。木は眺める局面、論点、ステークスホルダなどによって、多次元空間を任意の平面で切ったような形をしているイメージ。  
(木下チームがAgdaで整合性を取る手法を開発中)
- 現在のD-Caseではモニターノードは木の葉の部分にしかこれないが、モニターノードの値を条件として木を分岐したい。安全系、想定外系、未然防止系などにとって重要と感じる。