4次元実世界情報の展望

2009年1月16日

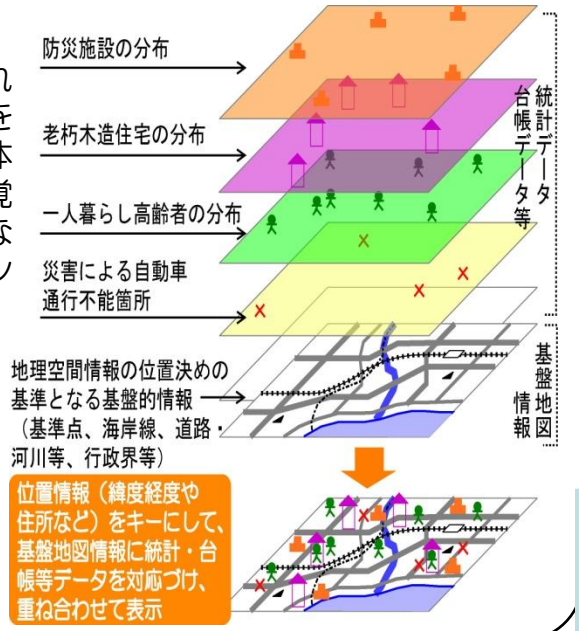
東京大学空間情報科学研究センター
柴崎亮介
shiba@csis.u-tokyo.ac.jp

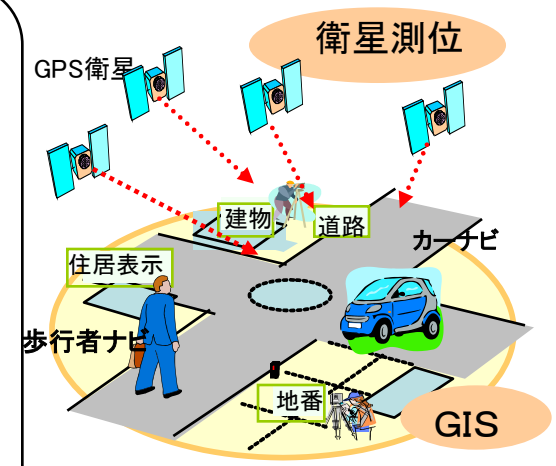
地理空間情報活用推進基本法（2007年5月成立）

リアルタイム測位と
電子地図（実世界データ）の組み合わせによる課題解決型サービスの実現

地理情報システム（GIS）
Geographic Information System

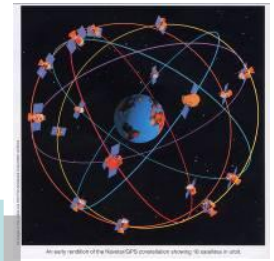
デジタル化された地理空間情報を電子地図上で一体的に処理して視覚的な表現や高度な分析を行う情報システム





衛星測位（PNT）
Positioning, Navigation and Timing

人工衛星から発射される信号を用いて位置や時刻情報を取得したり、これらを利用して移動の経路等の情報を取得すること



膨大な情報量
真に必要な情報を見つけ出すことがかえって困難に

膨大な量の情報を位置と時刻を軸として管理し、効率的に活用していくことが必要

ＧＩＳと衛星測位は、

- 様々な事象に関する情報を位置や時刻と結びつけ、
- 情報通信技術を利用して取得、管理、分析、表現し、
- 我々の行動選択の判断材料となる的確な情報を提供する

誰もがいつでもどこでも必要な地理空間情報を使ったり高度な分析に基づく的確な情報を入手し行動できる地理空間情報高度活用社会の実現

基本法成立の背景

- 2010年代中頃に次世代衛星測位システムによる新時代が到来
  - 衛星個数が31機（GPS）から約120機へ大幅増。新しい周波数帯も。
  - 利用可能性、精度が飛躍的に改善
- 一方、電子地図などの整備が進み、インターネット上でも実サービスが開始され始めた。
  - Google Map、Google Earth、Virtual Earth、Yahooマップ、ナビタイムなど
- ITS（高度道路交通システム）をはじめとして、「実空間情報」を利用する新しいサービス、システムの登場が期待されている。
  ←リアルタイム測位＋電子地図の複合利用
  - ITS、LBS(位置情報サービス）、ロボット、地図検索サービス（Google Mapなど）、地球観測

衛星測位システムの国際的ネットワーク

GPS

- 1970 年代前半にGPSの開発に着手
- 31機の測位衛星を運用
- GPSシステム近代化計画進行中(目標年次:2016年)

GLONASS

- ロシア連邦国防省が運用している衛星測位システム
- 改良型GLONASS衛星の打ち上げを含む衛星測位システム再生計画が進行中(目標年次:2011年)

IGC

すべての衛星測位システム間の情報交換・調整の場を設置

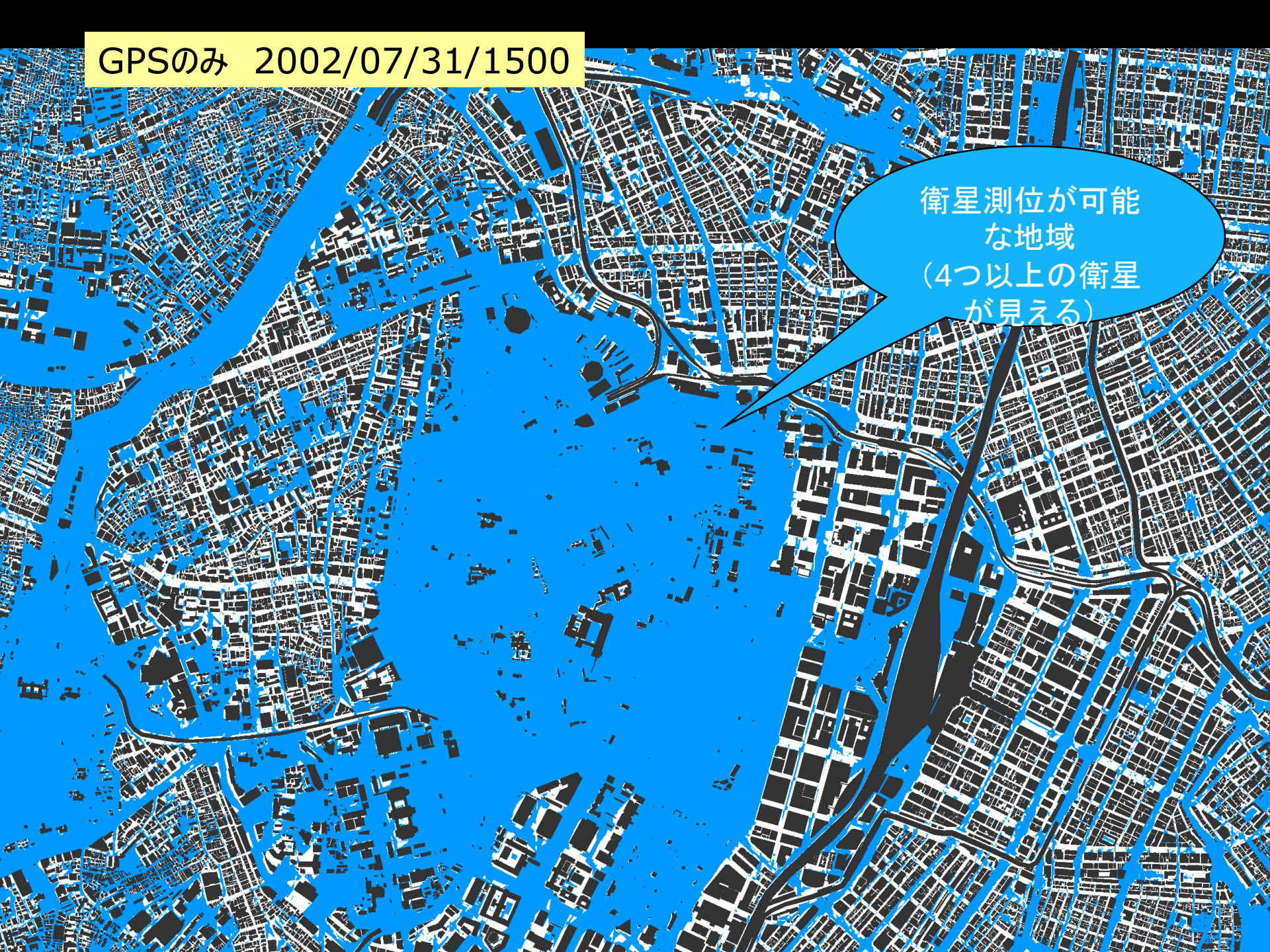
Galileo

- 2013年のサービス開始を目指し、衛星打上げ開始（GPSのバックアップ、EUの自律性確保が目的）
- 30機を打ち上げ予定
- インド、中国、イスラエル、韓国等が参加/参加表明

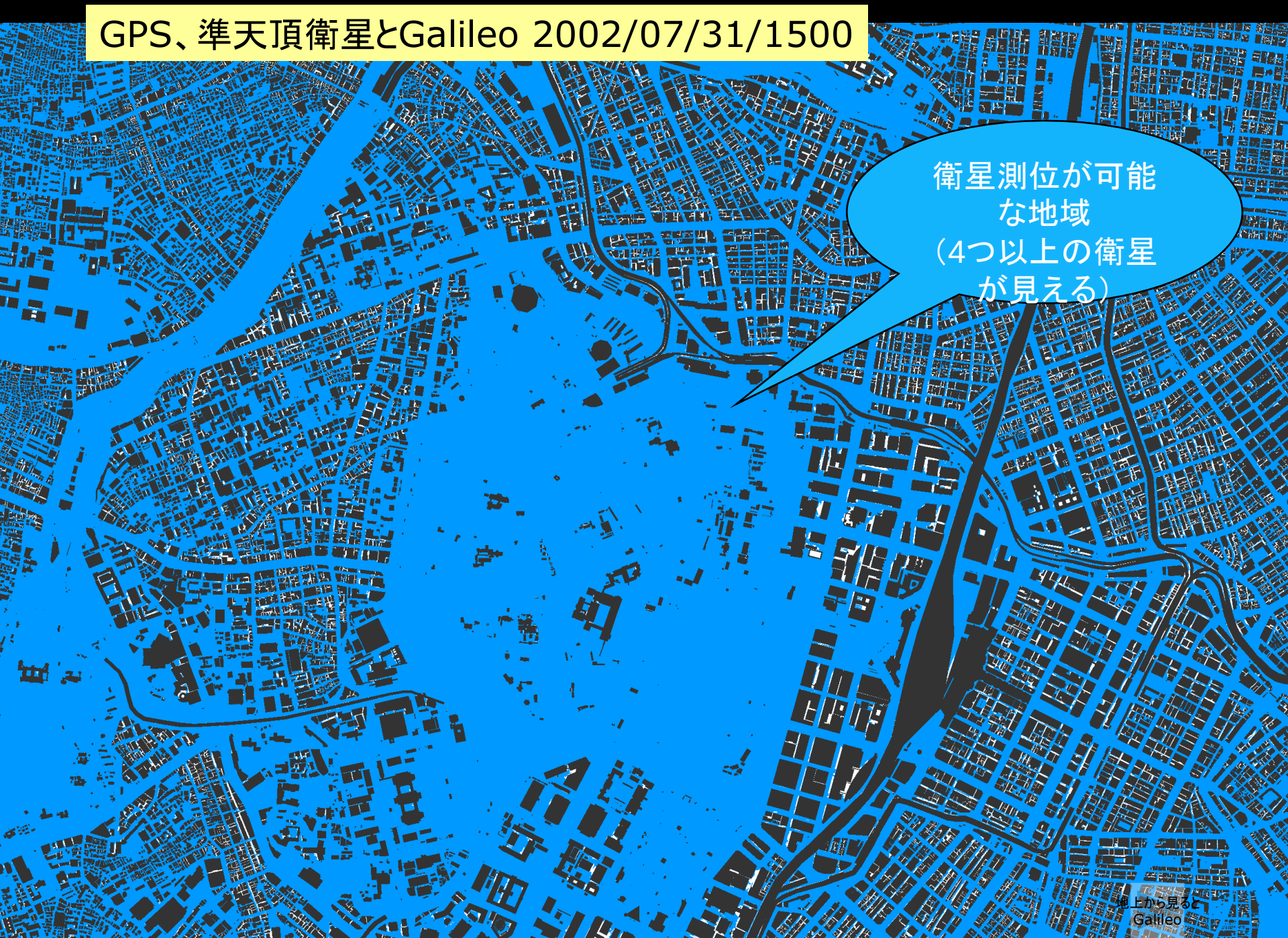
北斗（Compass)

- 静止、中軌道周回及び準天頂衛星からなる測位衛星システム（35機）の構築中、5機打ち上げ
- Galileoから脱退、独自路線

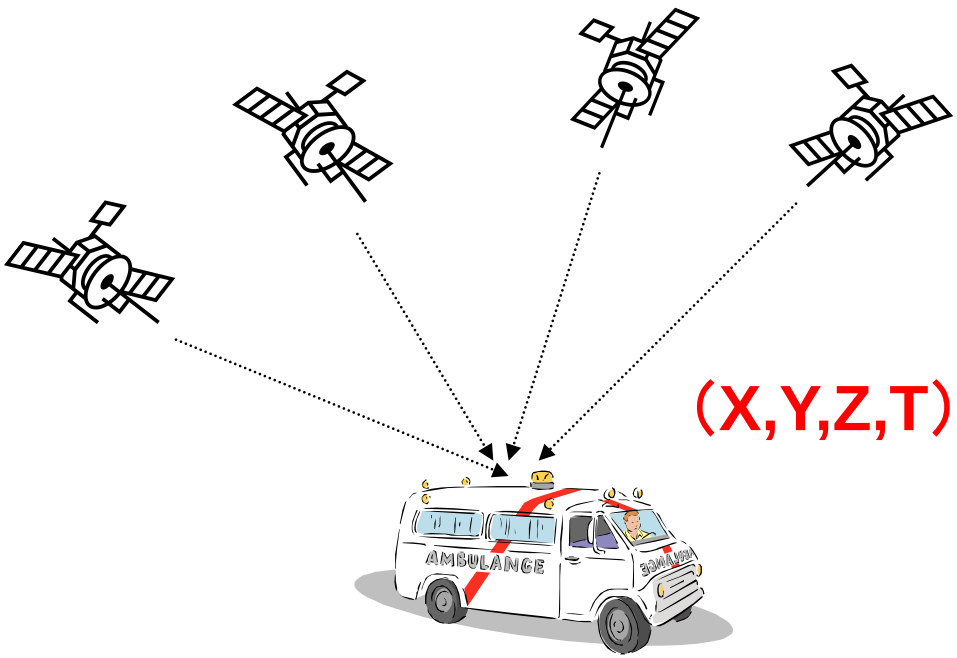
準天頂衛星の試験開発まで。運用は議論中。
国際的にはGPSの下。


GPSのみ 2002/07/31/1500
衛星測位が可能な地域（4つ以上の衛星が見える）

GPS、準天頂衛星とGalileo 2002/07/31/1500

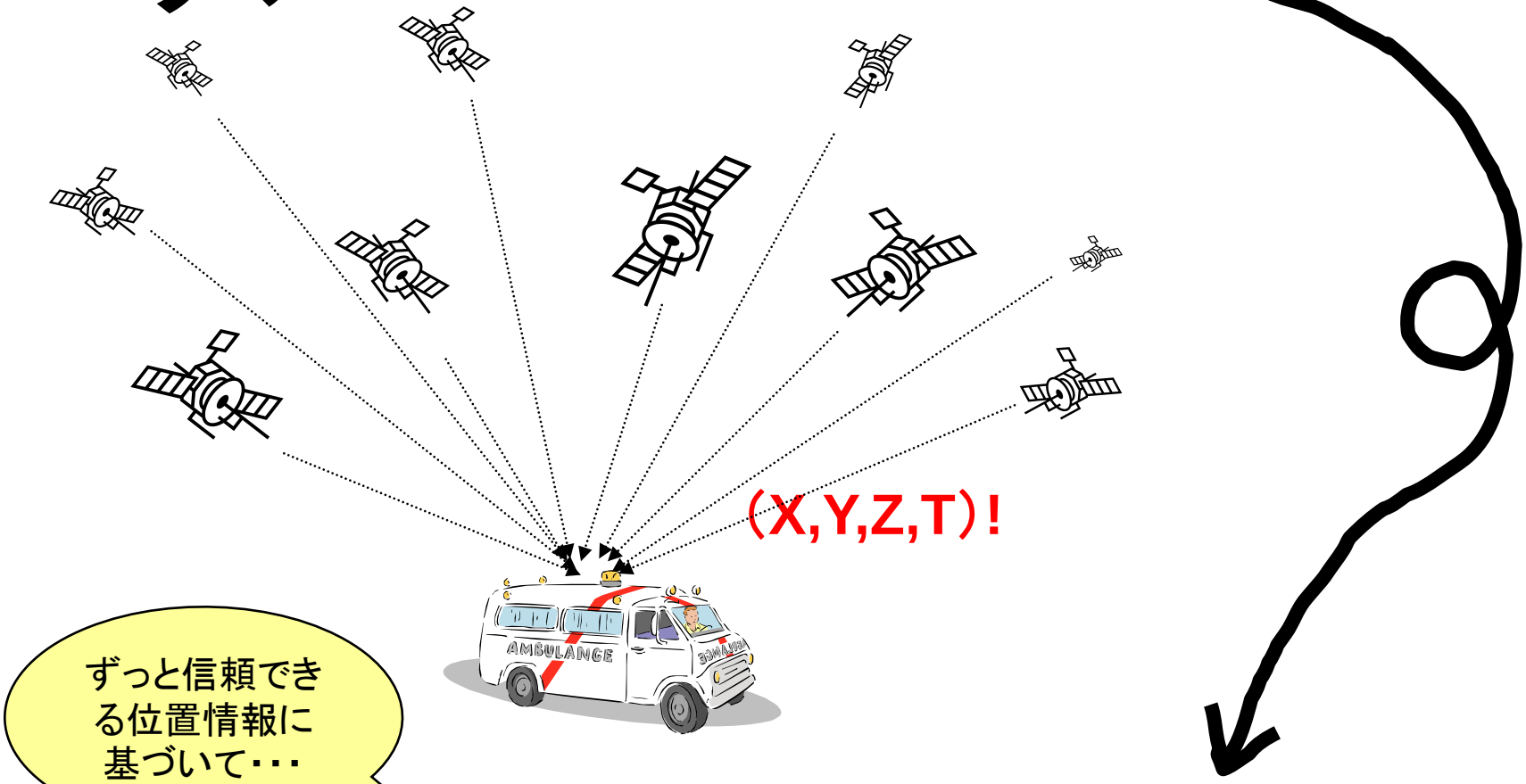


リアルタイム性



次のアクションを指示できる

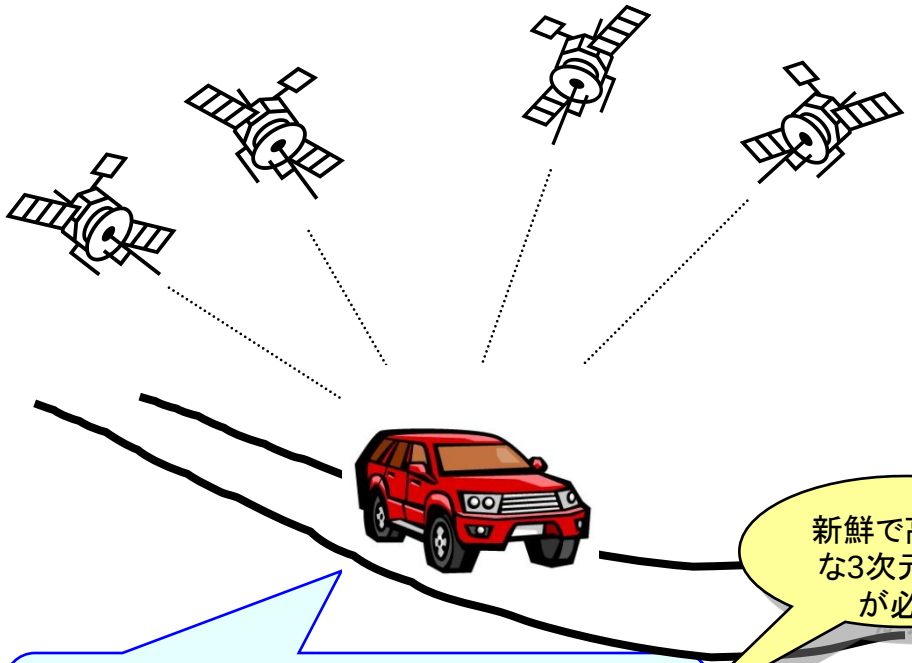
リアルタイム性



次のアクションを指示できる

ITSにおける次の競争領域

- 安全や環境負荷抑制のための運転支援
  - 高精度で安定的な測位技術と3次元電子地図利用技術、制御技術などの組み合わせが重要



新鮮で高精度な3次元地図が必要

カーブの手前（無理なく減速できる地点）で，カーブの曲率半径，片勾配の値を入手する必要がある

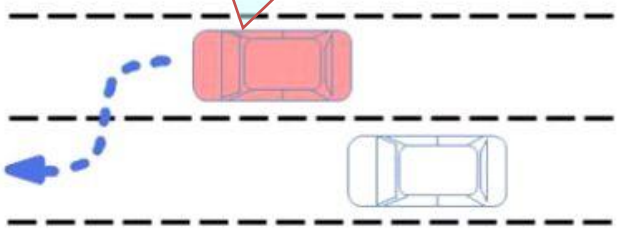
3次元地図を作成しながら自動走行

アメリカ国防省によるグランドチャレンジ

Personal Mobility Vehicle

http://english.peopledaily.com.cn/200705/23/eng20070523_377167.html

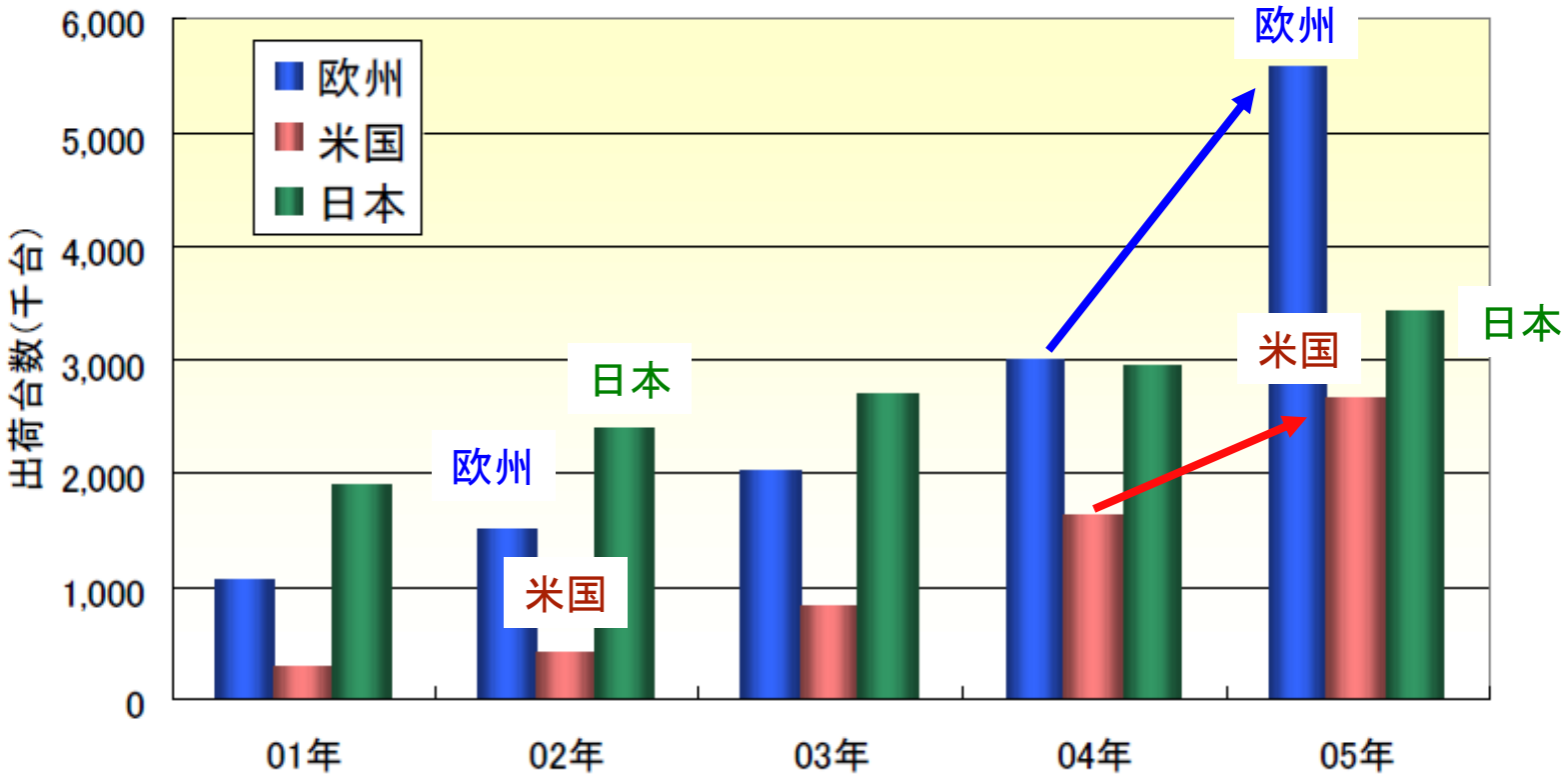
車線数，車線幅員，どの車線を走行中か



《車線変更時の警告》

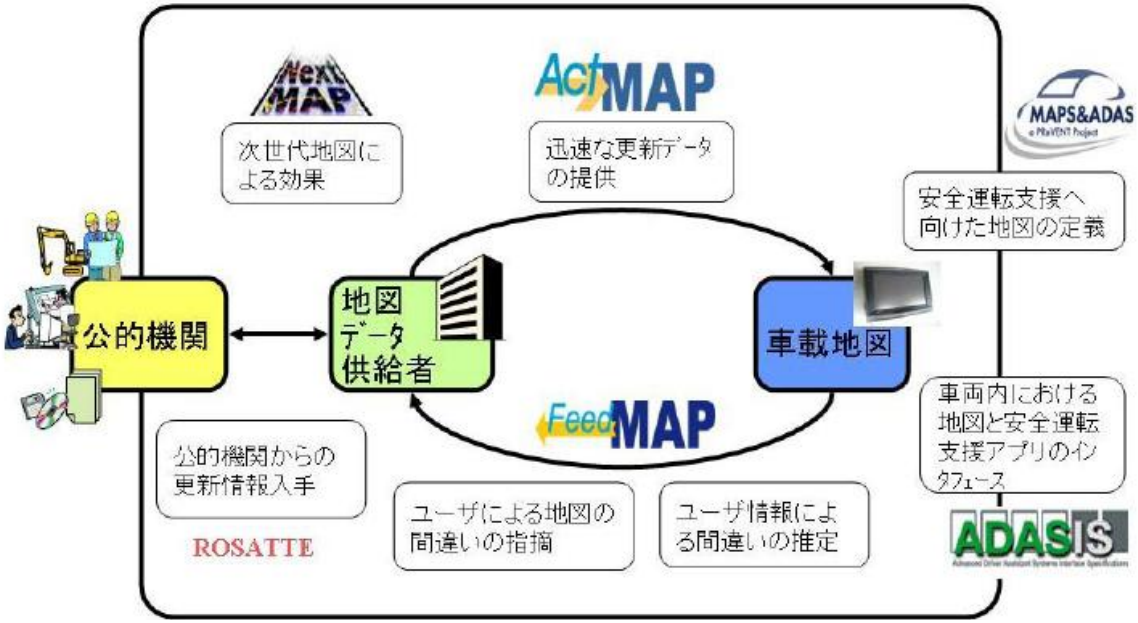
最近のカーナビの国際的な状況

- 近年のPND（Personal Navigation Device）の普及もあり、もはや日本が「利用先進国」ではない



世界のカーナビ出荷台数（ITSJapan提言書より）

EUにおける電子地図更新の取組
（電子政府との緊密な連携）



データの新鮮さが一番重要。
我が国では、道路測量成果を保有する地方自治体との連携が特に重要なポイント
（電子自治体との連携が必要）

欧州に関するデジタル地図関連の取組（ITSJapan提言書より）

プロジェクト名	NextMAP	ADASIS	ActMAP	MAPS&ADAS	FeedMAP	ROSATTE
目的	・次世代地図による効果	・車両内における地図と安全運転支援アプリのインターフェース	・迅速な更新データの提供	・安全運転支援へ向けた地図の定義	・ユーザー情報による間違いの推定 ・ユーザーによる地図の間違いの指摘	・公的機関からの更新情報入手
予算規模	約180万ユーロ（約2億6千万円）	約3万4千ユーロ（約473万円）（ERTICOの運営費用のみ計上）	376万ユーロ（約5億2640万円）	558万3千ユーロ（約7億8162万円）	370万ユーロ（約5億1800万円）	― 2007.1現在予算要求中

INSPIREの概要（EUによる地理空間情報基盤構築プロジェクト）

主な目的

環境保護を大きな背景として、

- **共通の環境施策（定式化、実装、モニタリング、評価）や市民のために、価値のある調和のとれた空間情報を整備する**
- **互換性を確実にするための共通標準やプロトコルに基づいた、集約された空間情報提供サービスの確立（広範囲にわたるデータベースのネットワークに基づく）**

⇒　空間情報のための共通基盤（infrastructure）の整備

※これまでに整備が義務化されている空間情報が対象（環境情報公共アクセス指令）

【整備方針】

- **2008年5月15日までに、メタデータ整備に関する実装手順（IR）を整備**
- **さらにそれから5年以内にその規則に基づくメタデータを整備**
- **2012年5月15日までに、データのInteroperability確保の国内規則を定める**
- **プロジェクトは、準備フェーズ（2005～2006）、移行フェーズ（2007～2009）、実装フェーズ（2009～2019）の3段階で進める計画**
- **現在は移行フェーズ（実装のための仕様や実装手順の開発・評価・承認）**

機関別コスト分担（2003年8月INSPIRE）

●参加各国・機関が実装するための当初立ち上げ費用とその後の10年間の運営費用を合算して10等分

●全体で1年平均77～122百万ユーロ

（120億～195億円）

●各国や地方の負担が大きいように見えるが、これらは参加25カ国、1700の地方機関に分担されるので、個別の負担は小さい。

●これらの費用のほとんどは、公共部門が負担

※Directiveで指令。そもそもEU条約（Treaty）環境条項の「加盟国は、環境政策に予算をつけて実行せねばならない」の規定

活動内容	EU	各国政府	地方、関係機関
相互運用性調整	0.6	1.2	0.5
メタデータ作成	0.2	1.9～2.2	33
各国の施策立案		0.4	
実装及びその拡張	1.1	9.6	44～88
合計	1.9	13	77～122

ロボットと電子地図

自らの位置を知り、
電子地図、周辺状況などをリアルタイムで更新し、
ロボット相互、人とロボットが
共通に参照できるようにすることが基礎。

ロボットがサービスを実現するためには
人の位置（空間）・行動の意味づけが大事

プリミティブがロボットサービス発見のキーワードになる

「人が往来する場所」で
「立ち止っている」人に声をかける.

「山田さん，どうしました？」

ID:875
位置:
100, 10, 0.5

意味づけ

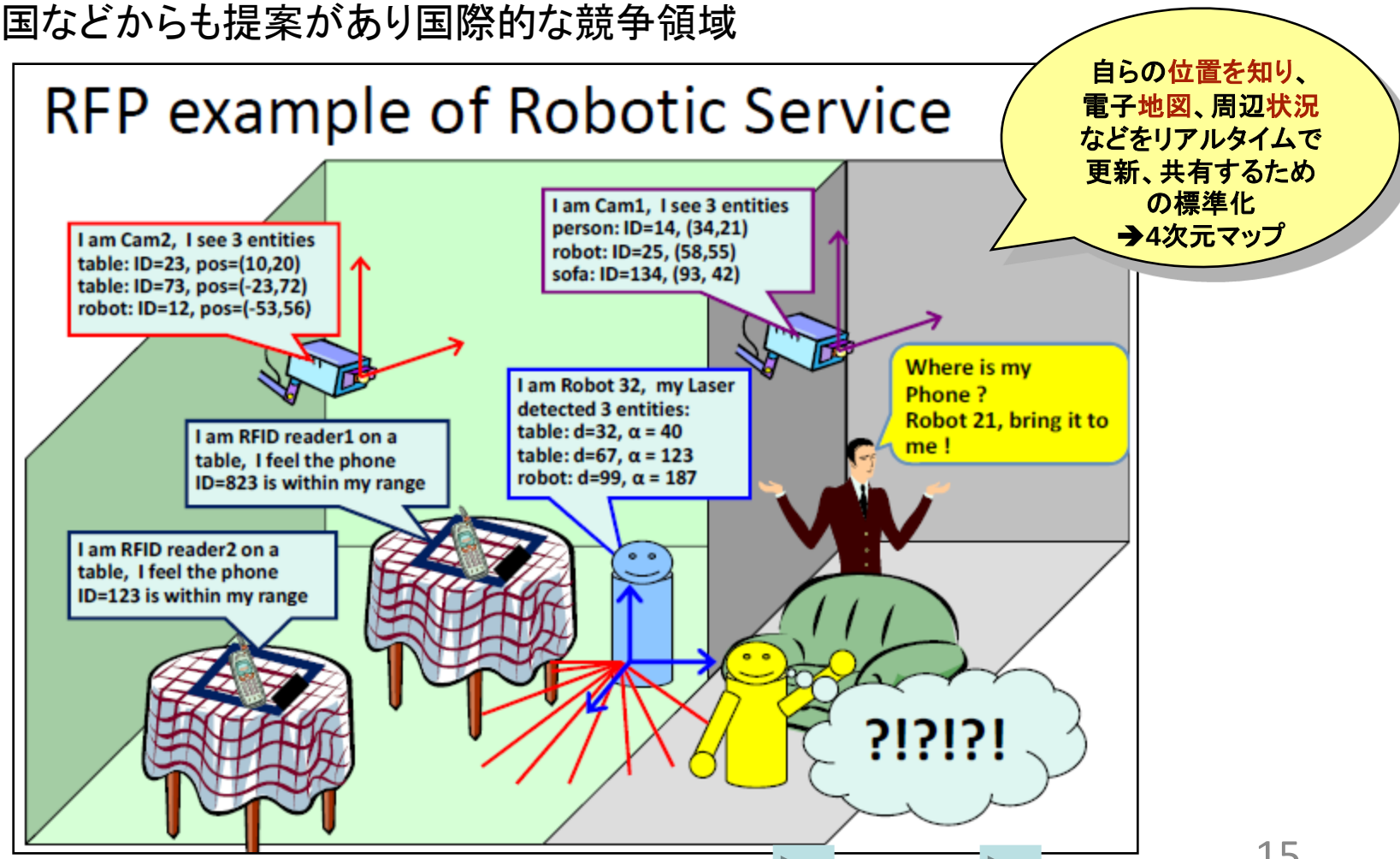
名前:山田花子

空間プリミティブ:
「人が往来する 場所」
行動プリミティブ:
「立ち止 まっている」

※ATR知能ロボティックス研究所資料より

国際的な状況

- JARA（日本ロボット工業会）からロボット用位置情報の国際標準を提案中。
  ※韓国などからも提案があり国際的な競争領域



PC Watch「39，800円のお掃除ロボット「ルンバ」レポートより
http://pc.watch.impress.co.jp/docs/2002/1226/roomba.htm

お掃除ロボット

Big Dog

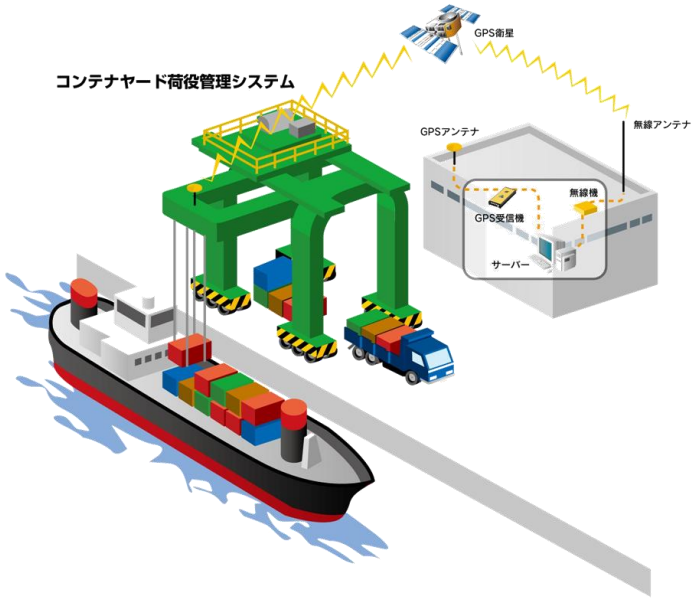
※JARA資料より

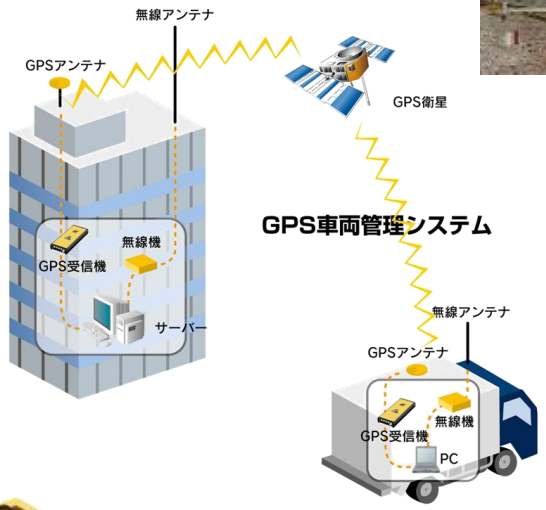
3-2 IT（精密）農業

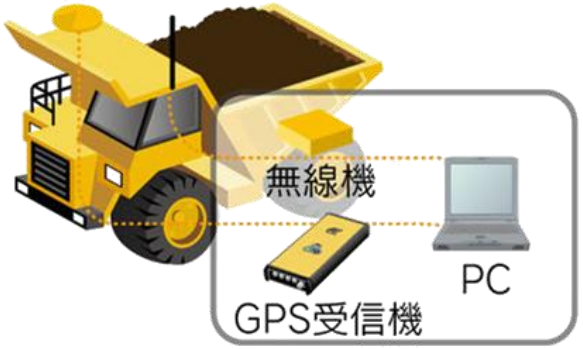
3-3 移動体制御

移動体制御

GPS技術をさらなる新分野に展開



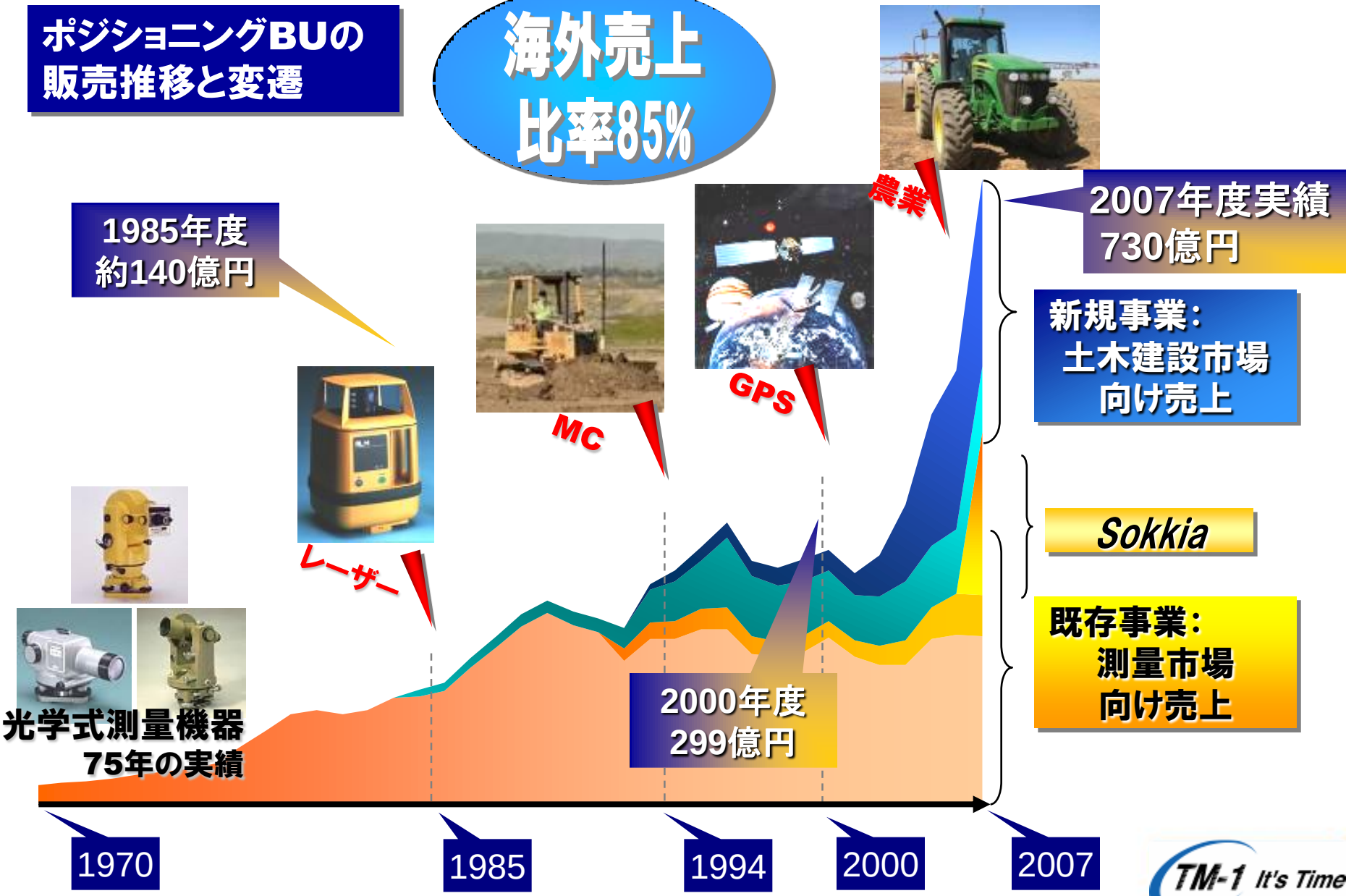




2. ポジショニングBUの戦略的事業展開

ポジショニングBUの販売推移と変遷

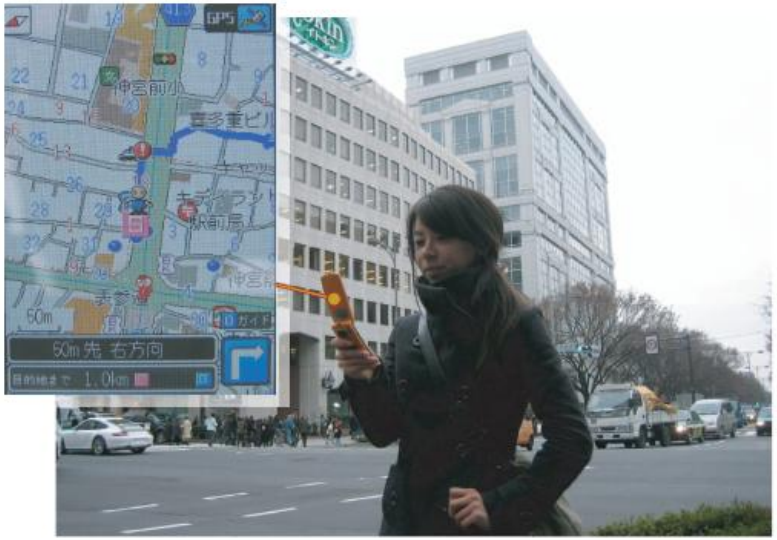
海外売上比率85%



2. LBS（位置に基づく情報サービス）

日本はLBS（位置に基づく情報サービス）先進国

NAVITIME
ナビゲーション総合サイト



(a)

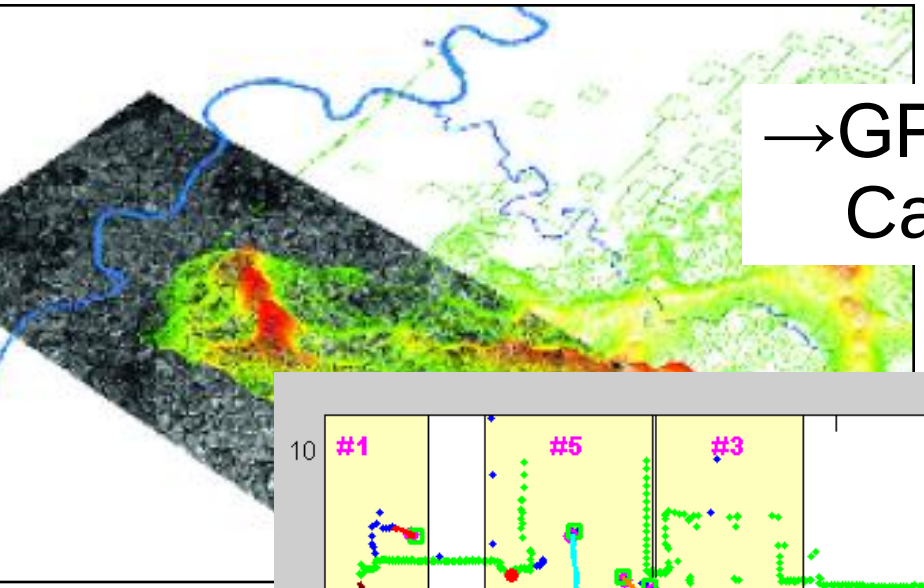
(b)

(c)

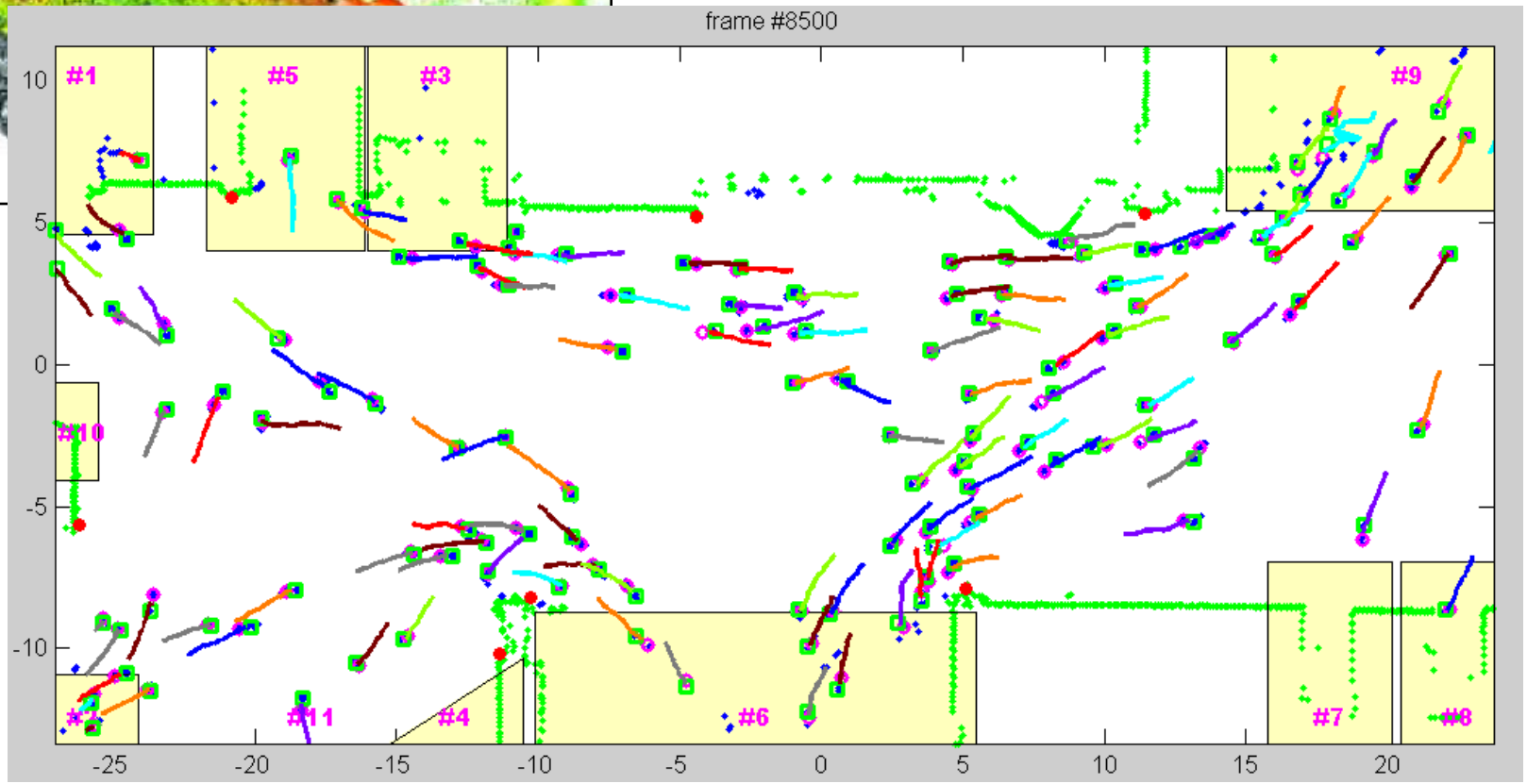
IEEE Pervasive Computing
Vol.6 No.3, 2007

Navitime: Supporting Pedestrian Navigation in the Real World
M. Arikawa, S. Konomi, K. Ohnishi, pp. 21-29

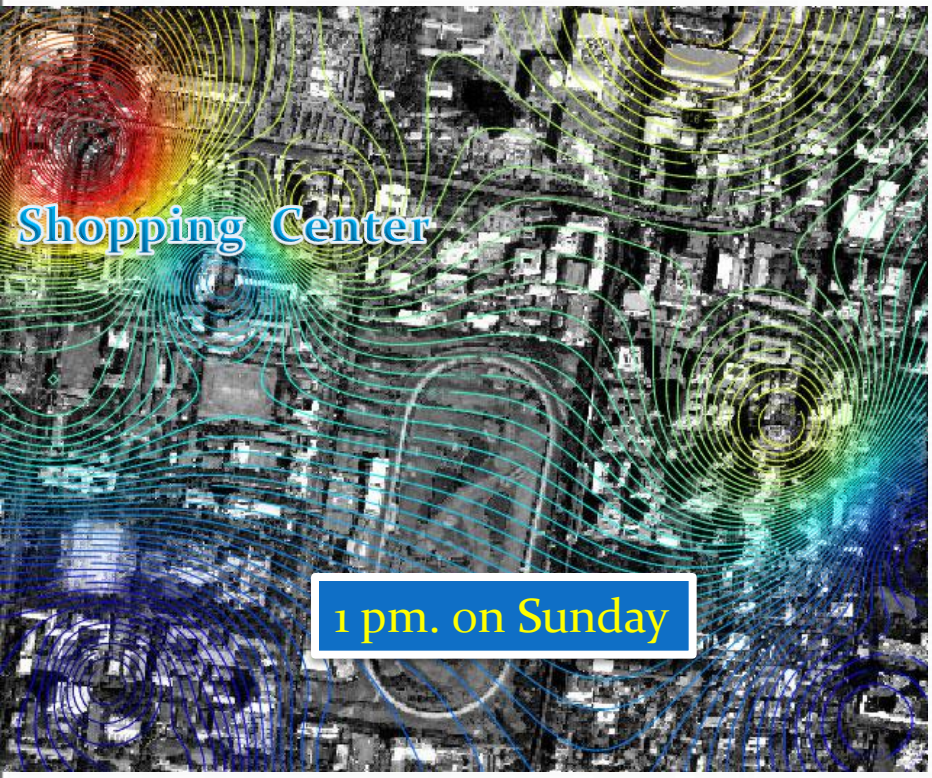
移動するモノ・人に関する情報が爆発的に増えそう

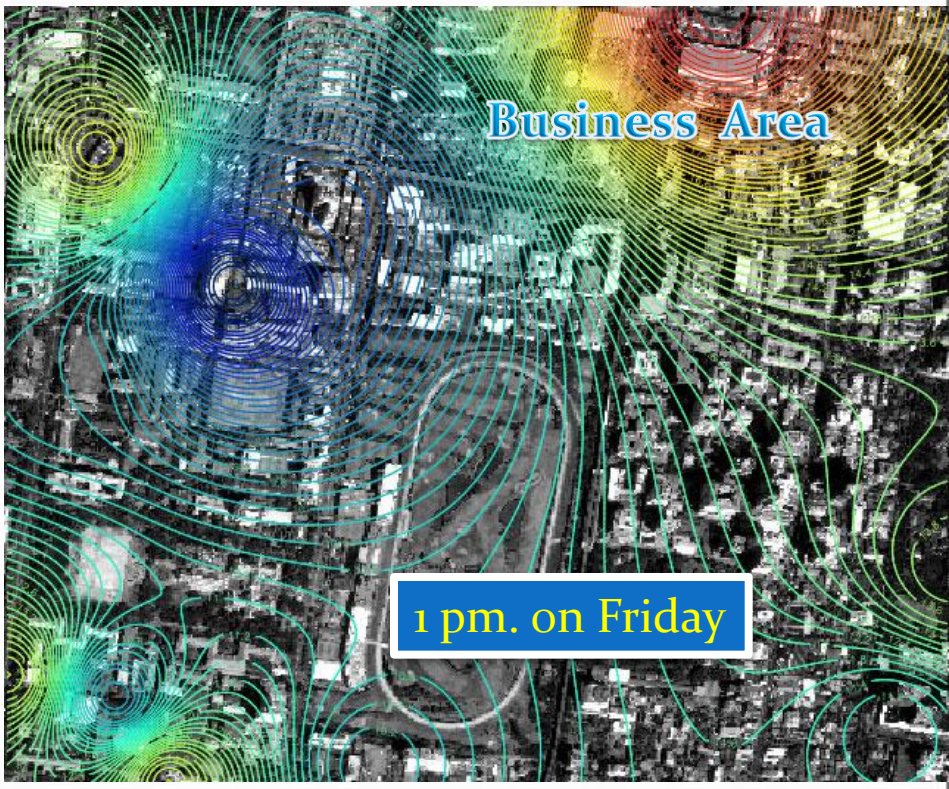


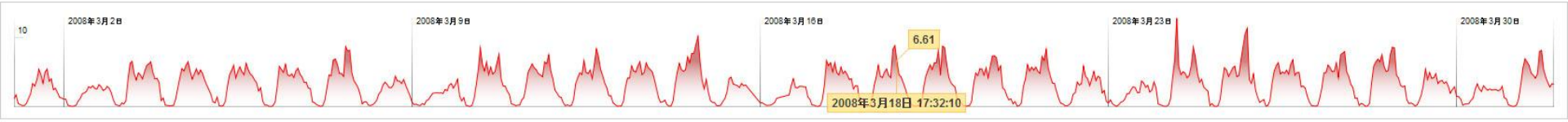
→GPS car, GPS mobile phone,
Cargo tracking, Traceability

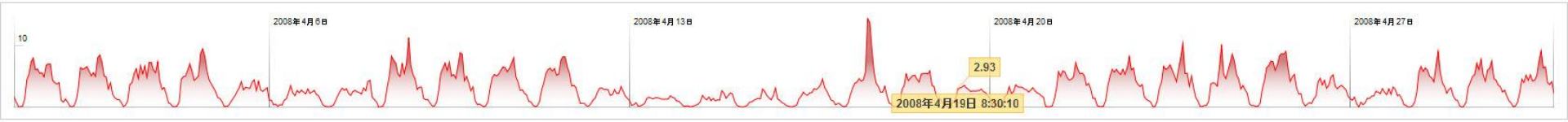


Hot Spot Capturing



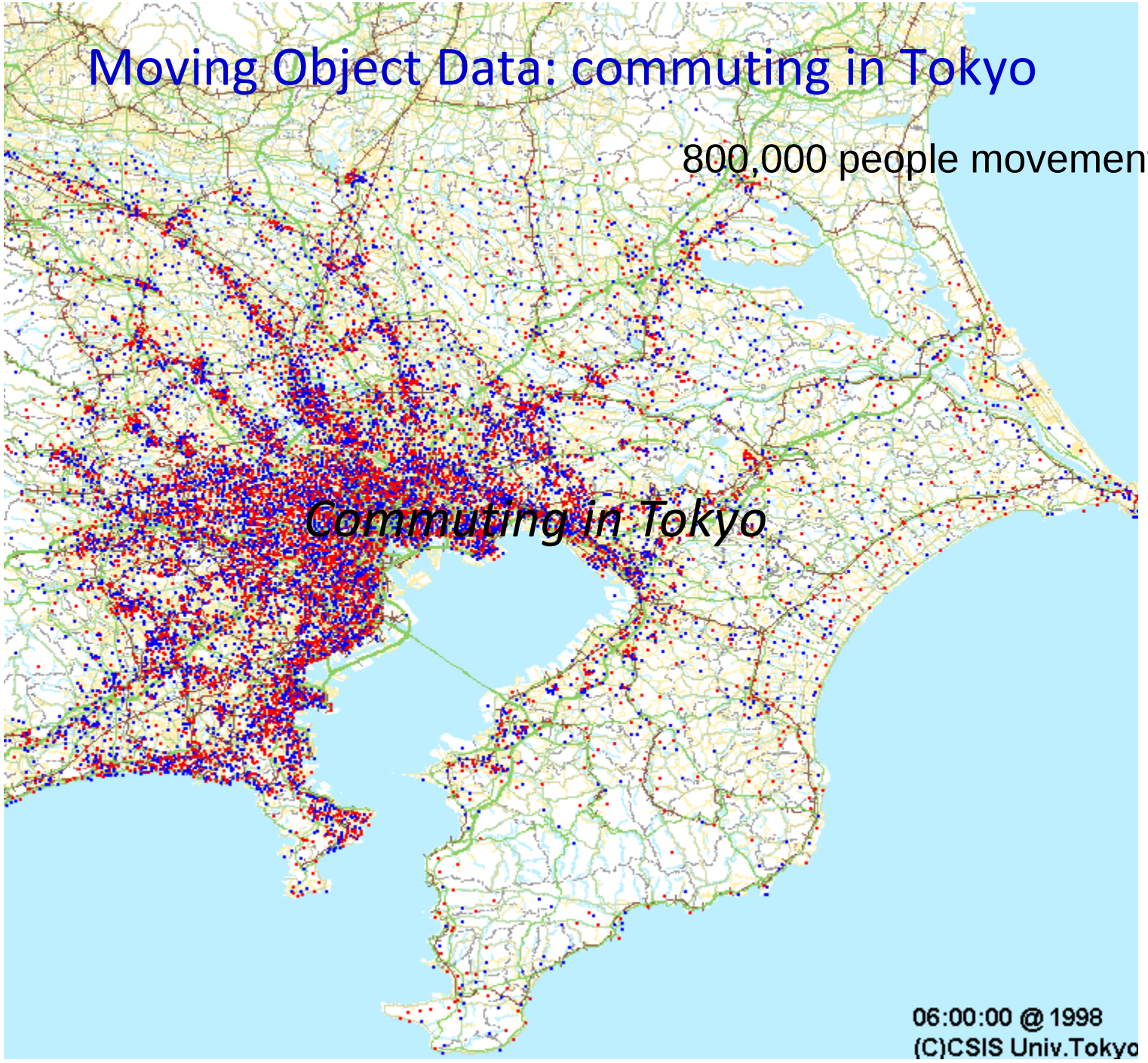






Moving Object Data: commuting in Tokyo

800,000 people movement



金杉

集計値

Nature

Vol.455 Sep.4 2008

nature Vol 455|4 September 2008

SPECIAL REPORT

The next Google

BIG DATA

Ten years ago this month, Google's first employee turned up at the garage where the search engine was originally housed. What technology at a similar early stage today will have changed our world as much by 2018? *Nature* asked some researchers and business people to speculate — or lay out their wares. Their responses are wide ranging, but one common theme emerges: the integration of the worlds of matter and information, whether it be by the blurring of boundaries between online and real environments, touchy-feely feedback from a phone or chromosomes tucked away on databases.

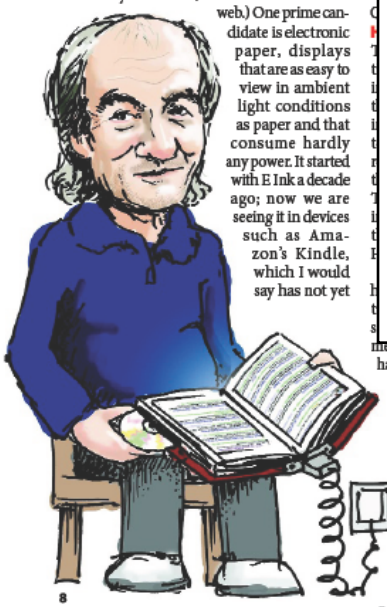
Bill Buxton
Principal researcher, Microsoft, Toronto, Canada

ELECTRONIC PAPER

I subscribe to Melvin Kranzberg's second law of technology: invention is the mother of necessity. Although technologies are created to fulfil needs, each also creates them; the next generation of technologies will deliver the promises of what we already have.

The history of communication technologies over the past century tells me that anything that's going to impact on the next ten years is going to be ten years old already. (The components that made Google possible ten years ago were already there ten years earlier, with the creation of the web.) One prime candidate is electronic paper, displays that are as easy to view in ambient light conditions as paper and that consume hardly any power. It started with E Ink a decade ago; now we are seeing it in devices such as Amazon's Kindle, which I would say has not yet matured but has certainly reached late adolescence. Kindle and other readers are really like the Ford Model T in terms of what will be available in five years.

I think with this technology will come a dramatic change in our attitude towards paper. Our attachment to paper and books is wonderful, charming and quite understandable. I can't stand reading stuff on my computer. But this technology will make us question whether we can really afford the 500,000 trees that are consumed by publishing and newsprint in North America each week.



Vincent Hayward

has been pressed. But also there is something more basic. As animals we operate on the basis of anticipation. Visual interfaces reduce our ability to anticipate because we are touching something that is n there; there is no anticipated sen tion and the sensory consequen to our movements are unsatisfacto Haptic feedback gives us what our minds anticipate; it completes the control loop.

Right now haptic displays are mostly capable of creating only single isolated sensations of contact, or of toggling through menus. But texture, shape and 'compliance' will become more refined and affordable. A dry, flat screen will be able to simulate the feel of fur or wetness.

video visor, which gives you superimposed

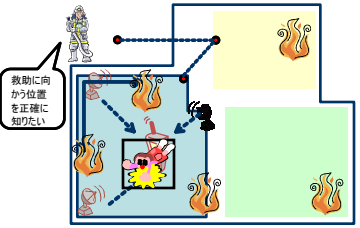
The next Google

BIG DATA

Ten years ago this month, Google's first employee turned up at the garage where the search engine was originally housed. What technology at a similar early stage today will have changed our world as much by 2018? *Nature* asked some researchers and business people to speculate — or lay out their wares. Their responses are wide ranging, but one common theme emerges: the integration of the worlds of matter and information, whether it be by the blurring of boundaries between online and real environments, touchy-feely feedback t hone or chromosomes tucked away on databases.

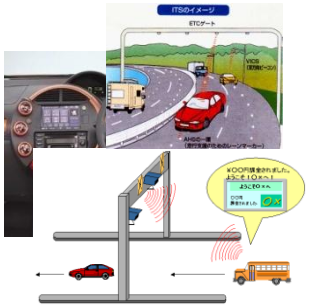
実世界と情報世界の統合が
Google以降の共通ポイント！

© 2008 Macmillan Publishers Limited. All rights reserved

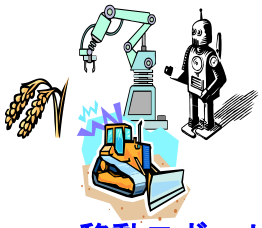


電子政府・
自治体

災害対応
環境監視



ITS（高度道路交通システム）



移動ロボット
（災害、農業、建設、福祉）

位置情報サービス
（LBS）

情報検索サービス

まとめ

衛星測位
すべての事物・現象の精確な位置と時刻を与える
衛星測位＋実空間情報を共通に利用することで、より効果的なサービスの連携、高度化が可能。
救助に向かう位置を正確に知りたい
災害対応
環境監視
ITS（高度道路交通システム）
移動ロボット
（災害、農業、建設、福祉）
位置情報サービス
（LBS）
情報検索サービス
電子政府・
自治体
今、実空間のどこに何があるか？
何が起きているのか？
今、自分はどこにいるのか？
次はどうなりそうか？
HELP!
環境
物流
交通
災害
人流
救急
治安
(X,Y,Z,T)
4次元の実空間情報(X,Y,Z,T)

緊密に連携して進めるべき研究開発分野

車両やロボットの活動支援サービス

Robotics

ITS (Intelligent Transport System)

人間活動支援サービス

Location-Based Service

サービスサイエンスなどとの連携

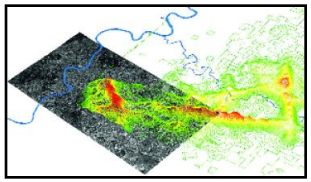
For Human and Machine

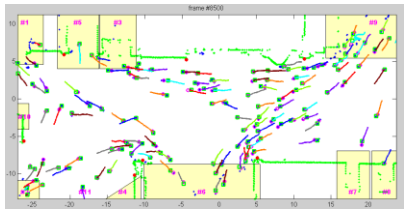
4次元時空間データと測位基盤(共通インフラ)

- Seamless positioning
- Standardization of location description
- Identification code for location and geo-objects.
- Retrieval of geo-spatial information

ソーシャルウェア

ファイナンスモデル
プライバシー保護
個人情報の保護と利用の両立ルール





時空間データ分析、モデリング
特にセンシング技術とシミュレーション技術の融合

（Environment, Mobility, Security etc.）

これからの展望

- 「新社会資本」のパトロンを見つけ出す。
  - 費用対効果の良さ、国際競争力育成効果などを「定量的」に評価する。
    - 高いレベルでの政策論議、それに耐える資料の整備
  - 新しい社会的なビジネスモデルを確立して、既存のデータ（CAD、GISデータなど）の流通・高度利用を実現
    - まずは既存の組織（自治体、国、民間）の共同化から
- 4次元ネットワークセンシング＆シミュレーション技術
  - 人・モノ・環境の動態をリアルタイムで計測し、短期予測をしてサービスにつなげる技術
- 個人情報の保護と高次利用の両立の促進
  - 技術と制度、社会的認知が必要➔認証制度へ

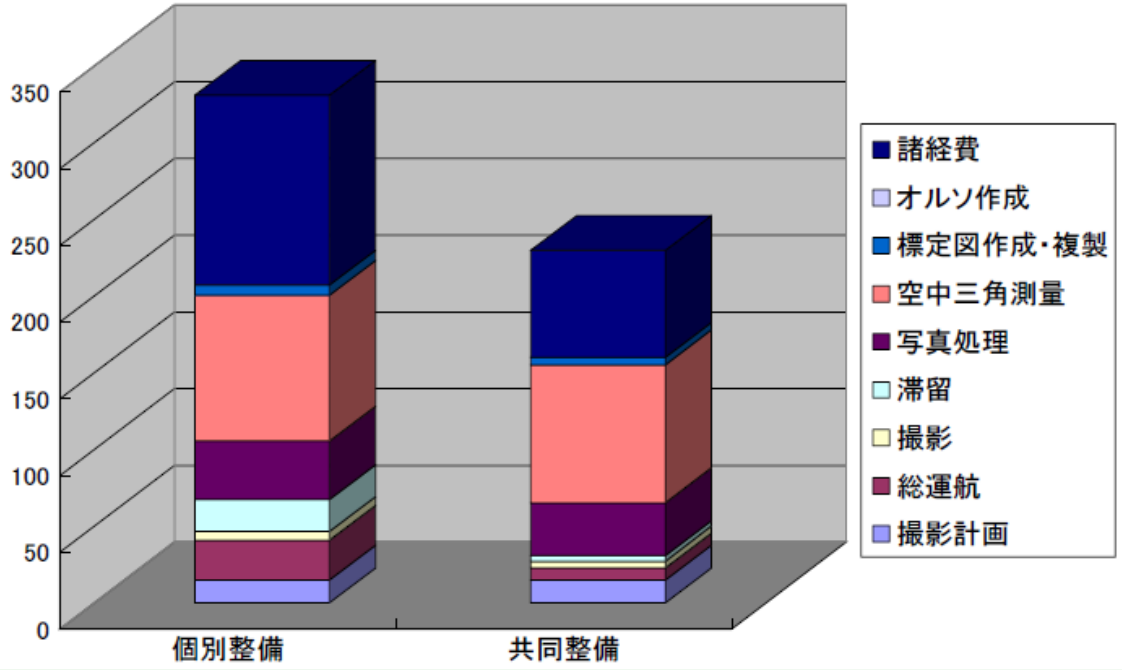
地理空間情報の広域共同整備によるコスト削減効果とその試算

山本尉太（国際航業株式会社）
溝淵真弓（国際航業株式会社）
関本義秀（東京大学）
中村秀至（三菱総合研究所）
柴崎亮介（東京大学

広域共同整備の効果試算

➢空中写真撮影の試算結果

	個別整備費用（百万円）	共同整備費用（百万円）	削減効果（%）
三重県	331	230	31
大阪府	261	81	69
北海道	4, 501	3, 303	27



国際航業株式会社

Copyright(C) 2008 KOKUSAI KOGYO CO., LTD. All Rights Reserved.

自分の情報、大切にしていますか？

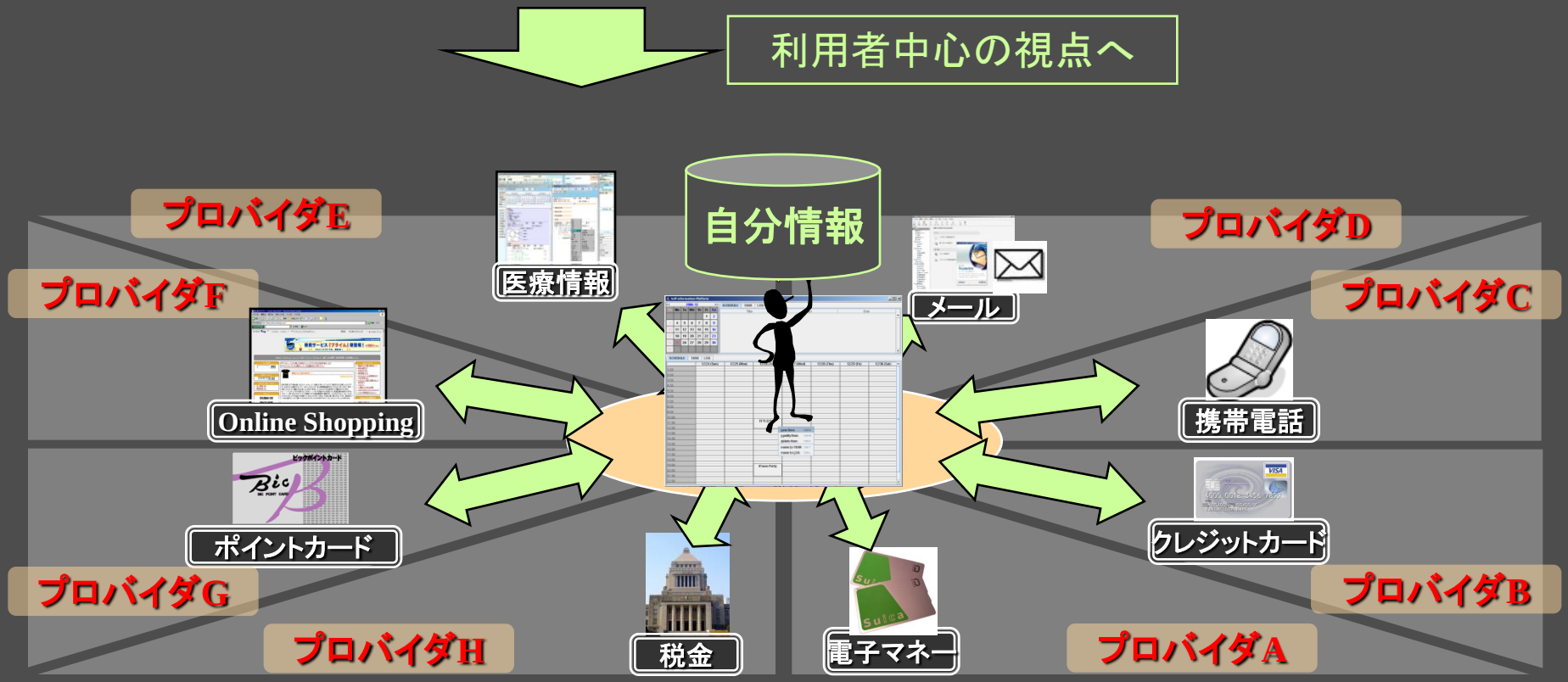
Shibasaki & Zhao lab, Center for Spatial Information Science, the University of Tokyo

Data Source

- 【行動情報】: スケジュール, 活動ログ, etc…
- 【位置情報】: GPS, WiFi, RFID, Suica, PASMO, etc…
- 【購買履歴】: Edy, Suica, PASMO, WAON, nanaco, レシート, etc…
- 【生体情報】: 心拍計, 血糖値計, 歩数計, etc…
- 【人間関係】: メール, SNS, ブログ, 携帯電話, 活動記録, etc…
- 【個人属性】: 個人情報, 所属, 所有物情報, 知人情報, etc…

－ 自分情報 －

- サービス/システムで利用される情報の共通項目は利用者本人
- 全ての個人情報の利用権限を持つのも利用者/消費者

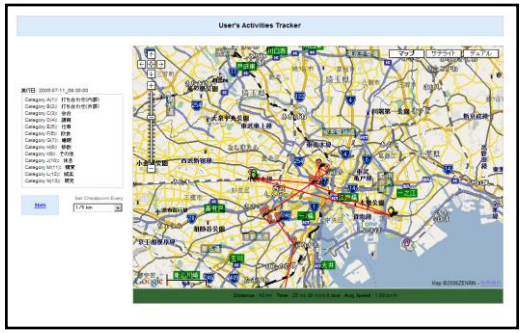


自分の記録情報を使って、自分に役に立つサービスを自ら選ぶ･作る

日記の新しいかたち？

Data Visualization

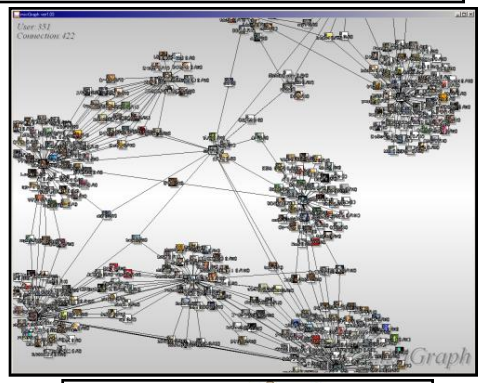
⇒移動経路マップ

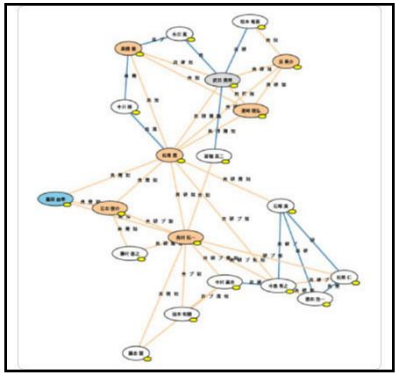


⇒人間関係マップ

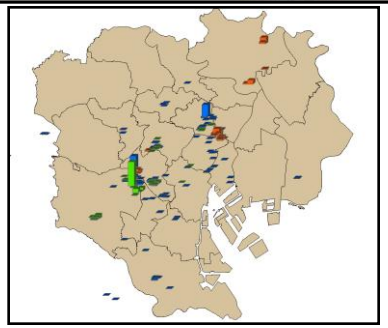
※ mixiGraph

※ polyphonet





⇒個人行動圏の視覚化



⇒個人嗜好のグラフ化

⇒ブログ自動生成

End

shiba@csis.u-tokyo.ac.jp