

GPS/GNSSシンポジウム2011(2011/10/26)

鉄道分野における 衛星測位の現状とQZSSへの期待

(公財)鉄道総合技術研究所

山本 春生



内 容

1. 列車運行(列車間隔制御)の仕組み
2. GPSベースの鉄道アプリケーション
3. 列車保安制御へ応用するための技術開発
4. Galileoの鉄道応用を目指す欧州の動向
5. QZSSへの期待



内 容

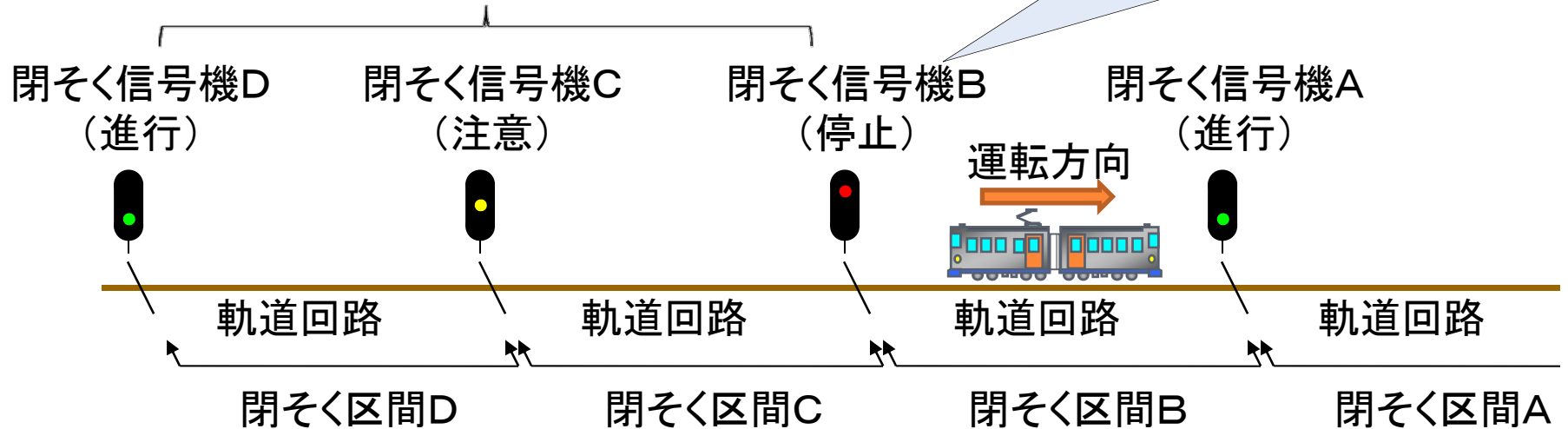
1. 列車運行(列車間隔制御)の仕組み
2. GPSベースの鉄道アプリケーション
3. 列車保安制御へ応用するための技術開発
4. Galileoの鉄道応用を目指す欧州の動向
5. QZSSへの期待



列車間隔制御の仕組み(一例)

閉そく区間内の列車の有無を
軌道回路で連続的に検知し、
関係する信号機の信号を制御

閉そく区間Bに列車が存在
→ 赤



- 地上設備により列車を検知
- 列車自身は路線上のどこにいるか知らなくても良い
- 位置の分解能が低い
- メンテナンスは3K作業の代表格

内 容

1. 列車運行(列車間隔制御)の仕組み
2. **GPSベースの鉄道アプリケーション**
3. 列車保安制御へ応用するための技術開発
4. Galileoの鉄道応用を目指す欧州の動向
5. QZSSへの期待



GPSベースの鉄道アプリケーション

●航法

- 運行管理、運行情報提供： 列車運行状況をセンター、駅で把握
- 車両管理： 車両の位置、状態をセンターで把握
- 車両制御： 車両の姿勢等を制御
- 運転支援、保守用車作業支援： 運転操縦、作業操作を支援
- 列車保安制御： 列車の走行速度を制御
- 保守作業防護： 列車・保守用車接近時に警報、制御
- 構内作業支援： コンテナ位置を管理し荷役作業を支援

●測位

- 検測車： 検測車検査データに位置情報を付加
- 軌道測量：
- 構造物監視： 構造物の変状を監視
- 地盤変位観測： 有珠山噴火後の運行対策(特殊)

●時刻同期：

通信システムの時刻同期



GPSベースの鉄道アプリケーション

速度制限への防護

	利用形態	用途
①	移動体の位置情報を地上へ伝送し、地上にて路線情報と組み合わせて用いる	列車運行管理、車両追跡管理、旅客案内、列車接近警報など
②	移動体にて位置情報を路線情報と組み合わせて用いる	運転支援、列車制御、車両機器制御、作業支援、検測など
③	移動体にて位置情報を路線情報と組み合わせて用いるとともに、位置情報を地上や周辺の移動体へ伝送し、そこでも路線情報と組み合わせて用いる	保守用車接近警報、列車制御、コンテナ荷役作業管理など 衝突、追突、速度制限への防護
④	固定点の位置情報を継続して収集し変位を観測	橋梁下部工変状監視(、地盤変位観測)
⑤	移動体間で時刻同期	通信制御
⑥	測量	軌道測量



保安制御用途では、安全のため地上設備を併用している

内 容

1. 列車運行(列車間隔制御)の仕組み
2. GPSベースの鉄道アプリケーション
- 3. 列車保安制御へ応用するための技術開発**
4. Galileoの鉄道応用を目指す欧州の動向
5. QZSSへの期待



知能列車による安全性・信頼性向上

将来指向
課題

目的 列車自らが各種情報を得て予測可能な事故を回避する

列車の知能化:

①自列車情報、②路線空間情報、③地上状態情報
に基づき、進路の安全性を自らが確認、判断

情報基盤技術

H22~24

①高精度・高信頼車上位置検出機能

②地理空間情報基盤

車上の各サブシステムに
位置、速度、時刻を配信

斜面災害

踏切

線路内
作業員

車上センシング

位置情報、地理空間情報の誤りによる事故の恐れ
→ システムの安全性確保が重要

列車保安制御における位置検出

【機能要求】

精度：在線する線路を複数の線路から判別

誤差数m以下（適用線区的位置検出要件により緩和可）

信頼性：在線位置を連続的に検出

知能列車では、

① 停車時 ±30cm

② 走行中 ±5m程度

安全性：危険側故障率 10^{-9} /h以下

【衛星測位適用時の安全性確保の考え方】（対航空保安）

・精度・安全性要求の違いへの対策

➡ 分岐方向などの情報支援（ポイント転換方向を地上から伝達）

➡ 別手段による裏付け（ 10^{-7} /h以下から2桁改善するための努力）

・受信環境が安定しないことへの対策

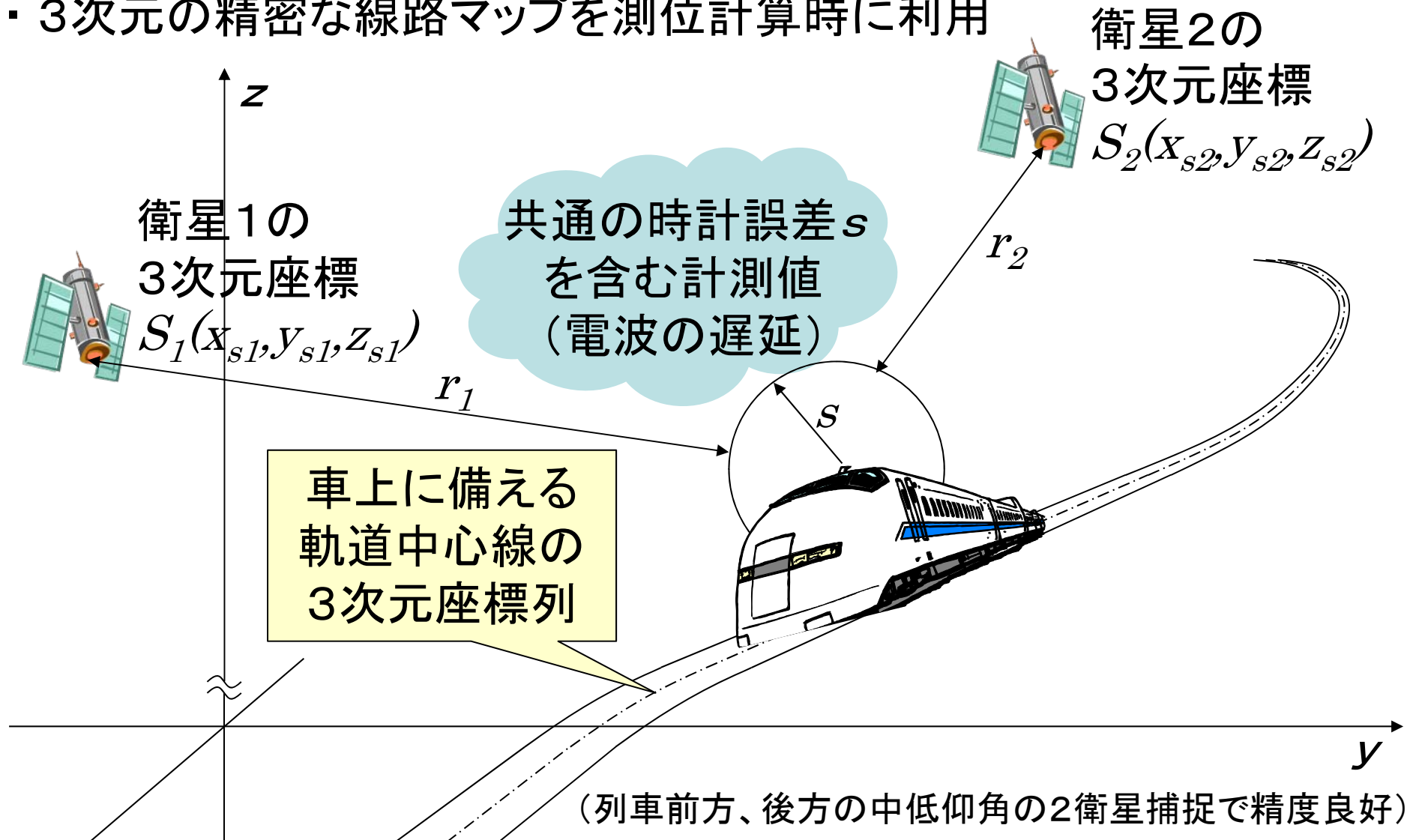
MSASの信頼度推定機能による

➡ 測位結果を選別して利用（できる限りのチェックを実施）



GPS測位ディペンドラブル化手法の基本方式

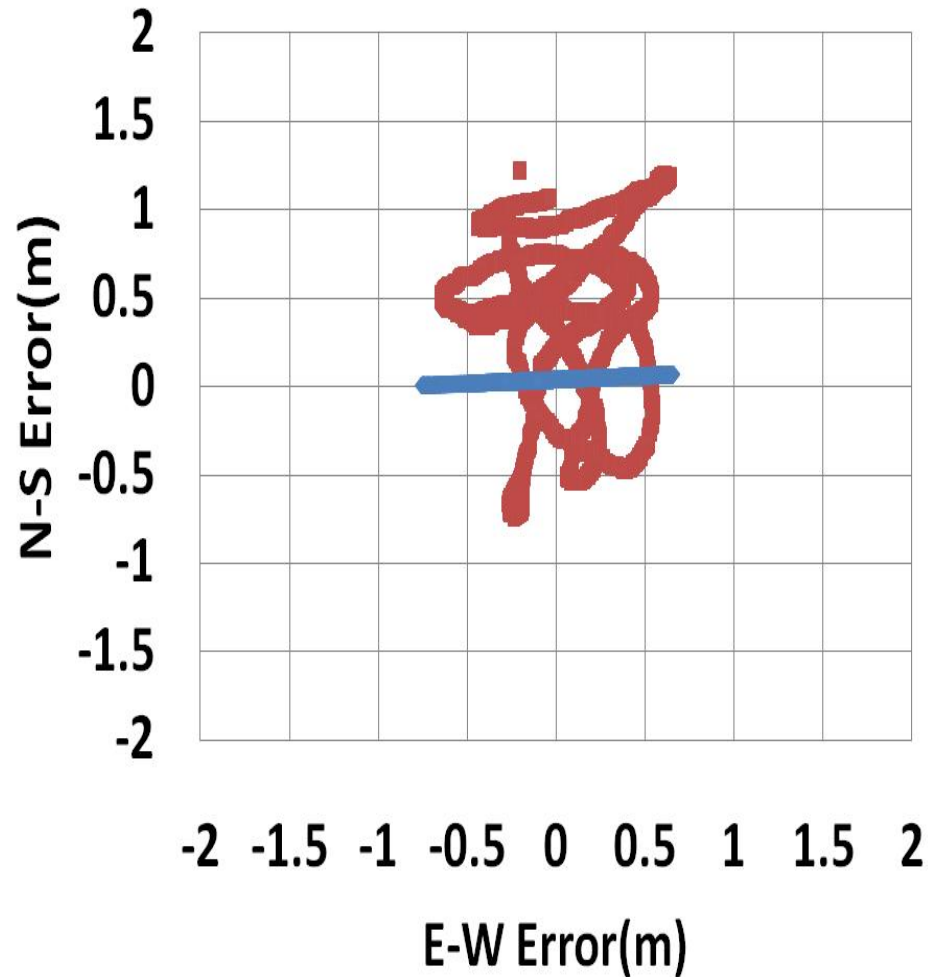
- 3次元の精密な線路マップを測位計算時に利用



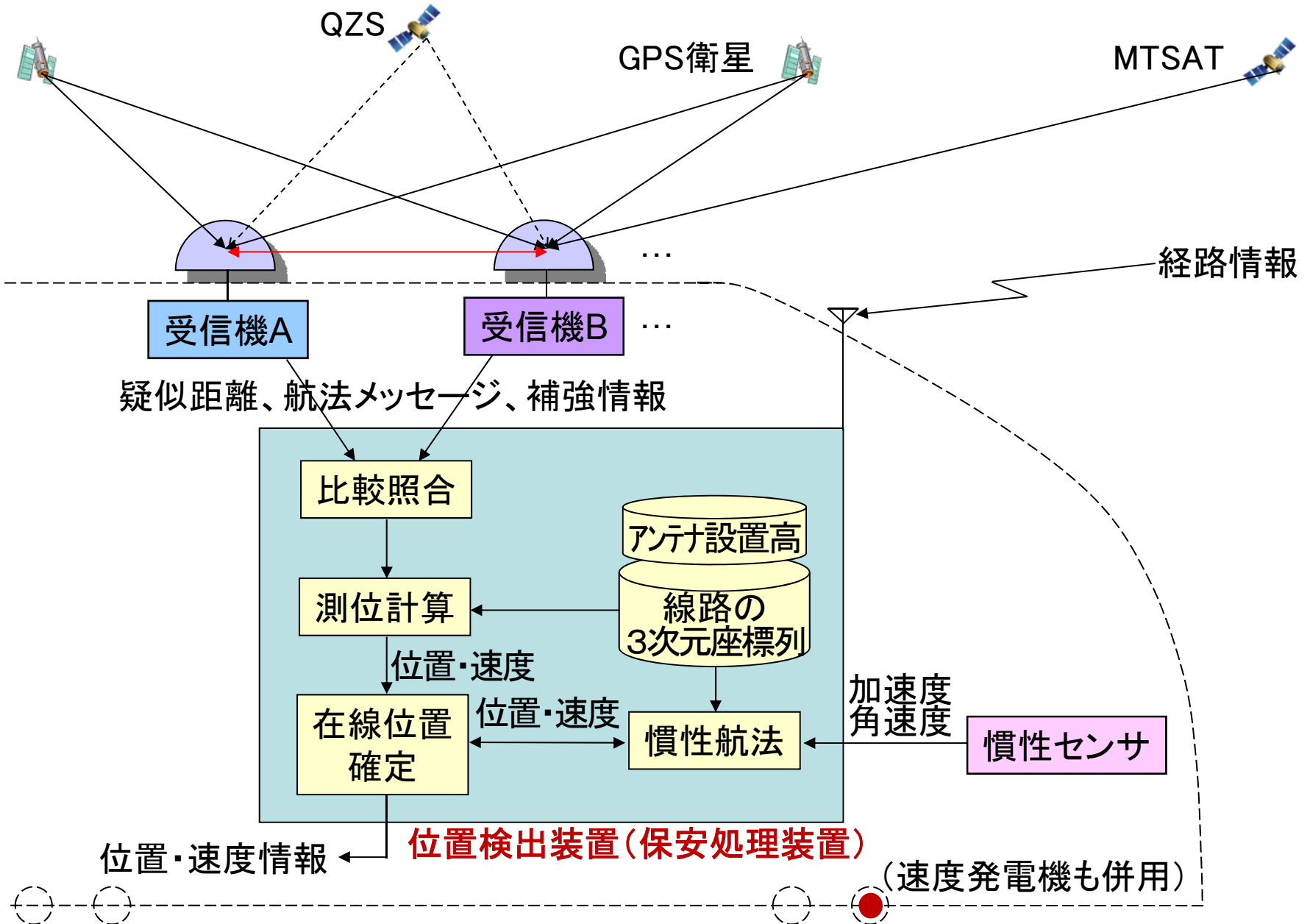
市街地や山間部等における測位精度、アベイラビリティ、コンティニューティを改善

水平方向誤差の一例(停車中)

- 単独測位
- ◆ 拘束条件付き測位

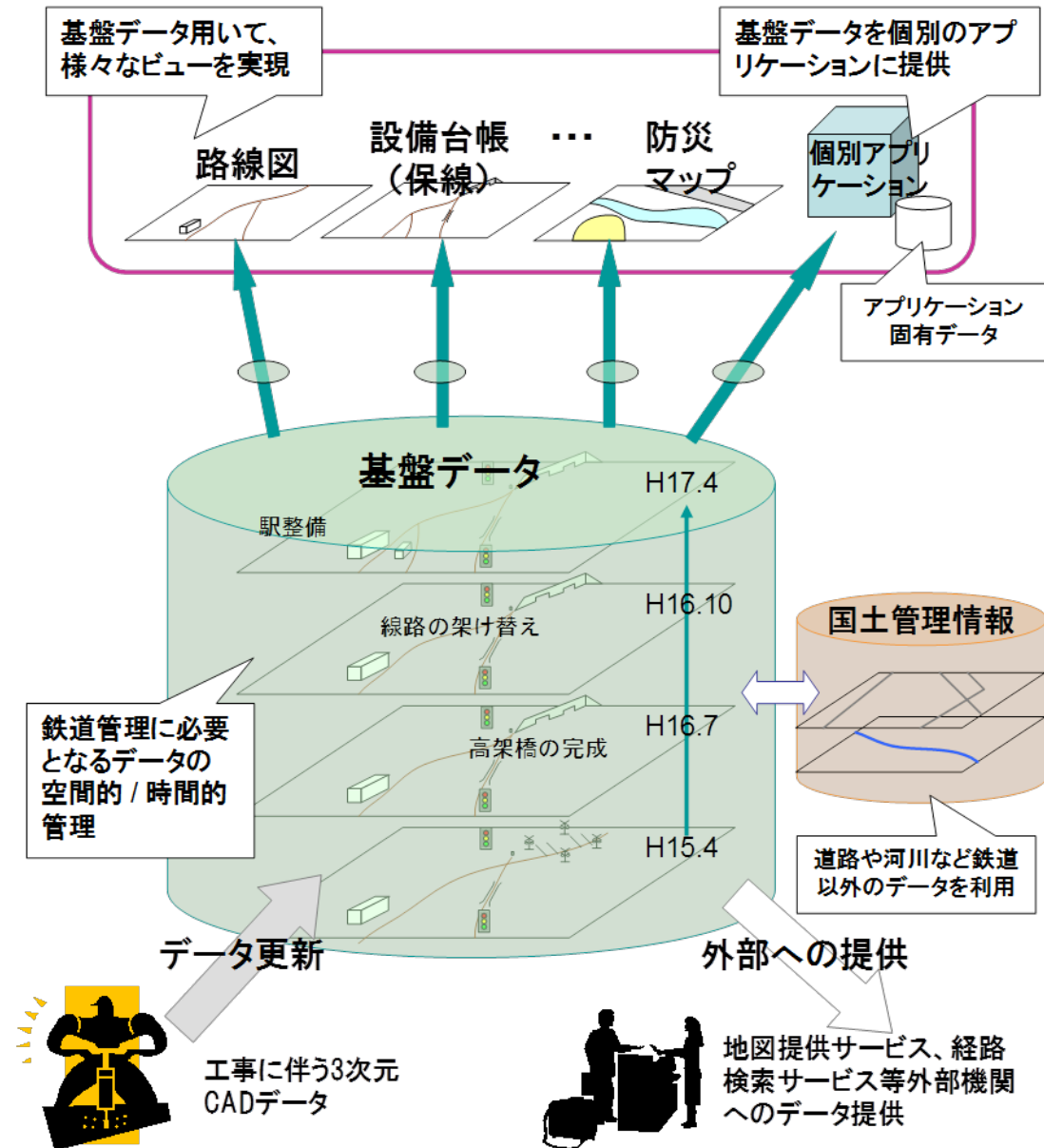


車上位位置検出の機能ブロック構成



地理空間情報基盤：鉄道基盤データ

- 鉄道の線形、諸設備、構造物を、緯度、経度（日本測地系2000）、標高（東京湾平均海面上の高さ）で管理可能な仕様案
- 地物ベースのXMLデータ
→ アプリケーション側で必要なデータのみ抽出、変換して使用
- 地理情報標準に準拠（GISで利用可能）
- データ作成、利用実験を実施し、「鉄道基盤データ製品仕様書」をまとめた（H16年度）
- データの完全性確保は課題



内 容

1. 列車運行(列車間隔制御)の仕組み
2. GPSベースの鉄道アプリケーション
3. 列車保安制御へ応用するための技術開発
4. **Galileoの鉄道応用を目指す欧州の動向**
5. QZSSへの期待



GNSS R&D Rail Applications Projects

Past research projects:

1. GADEROS, EC 5th FP Pilot Project (DG-TREN)
2. LOCOPROL, EC 5th FP Pilot Project (DG-TREN)
3. LOCOLOC, ESA Artes-5 project
4. RUNE, ESA Artes-5 project
5. INTEGRAIL, ESA Artes-5 project
6. ECORAIL, ESA Artes-5 project
7. COALA.NT, Austrian Space Agency, "ARTIST" frame
8. COMBINE 2, EC 5th FP Project (DG-INFISO)
9. GAL CERT

GRAIL, GNSS introduction in Rail Segment

- ✓ Provide a platform for representing Rail interests
- ✓ Joining satellite navigation experts with rail experts
- ✓ Promote added-values of EGNOS/Galileo
- ✓ Evaluate EGNOS/Galileo economic benefits on certain applications
- ✓ Assess the major rail related applications
- ✓ Define and demonstrate new/innovative applications in the ERTMS/ETCS environment
- ✓ Support applications validation and standardisation
- ✓ Execute activities to optimise EGNOS use in this sector

"European GNSS: EGNOS, GALILEO and the RAIL transport" : Symposium GALILEO for Rail (18-19 October 2007)より引用



UIC “Galileo for rail” Expert Group

- UIC(国際鉄道連合) … パリに本部
- 独、仏、英、伊、スペイン、チェコ他(大学、鉄道事業者、メーカー)が参加
- 初期の活動内容(～2005)
- ① 最適なアプリケーションとそのロードマップの提示(業界の啓蒙も目的の一つ)

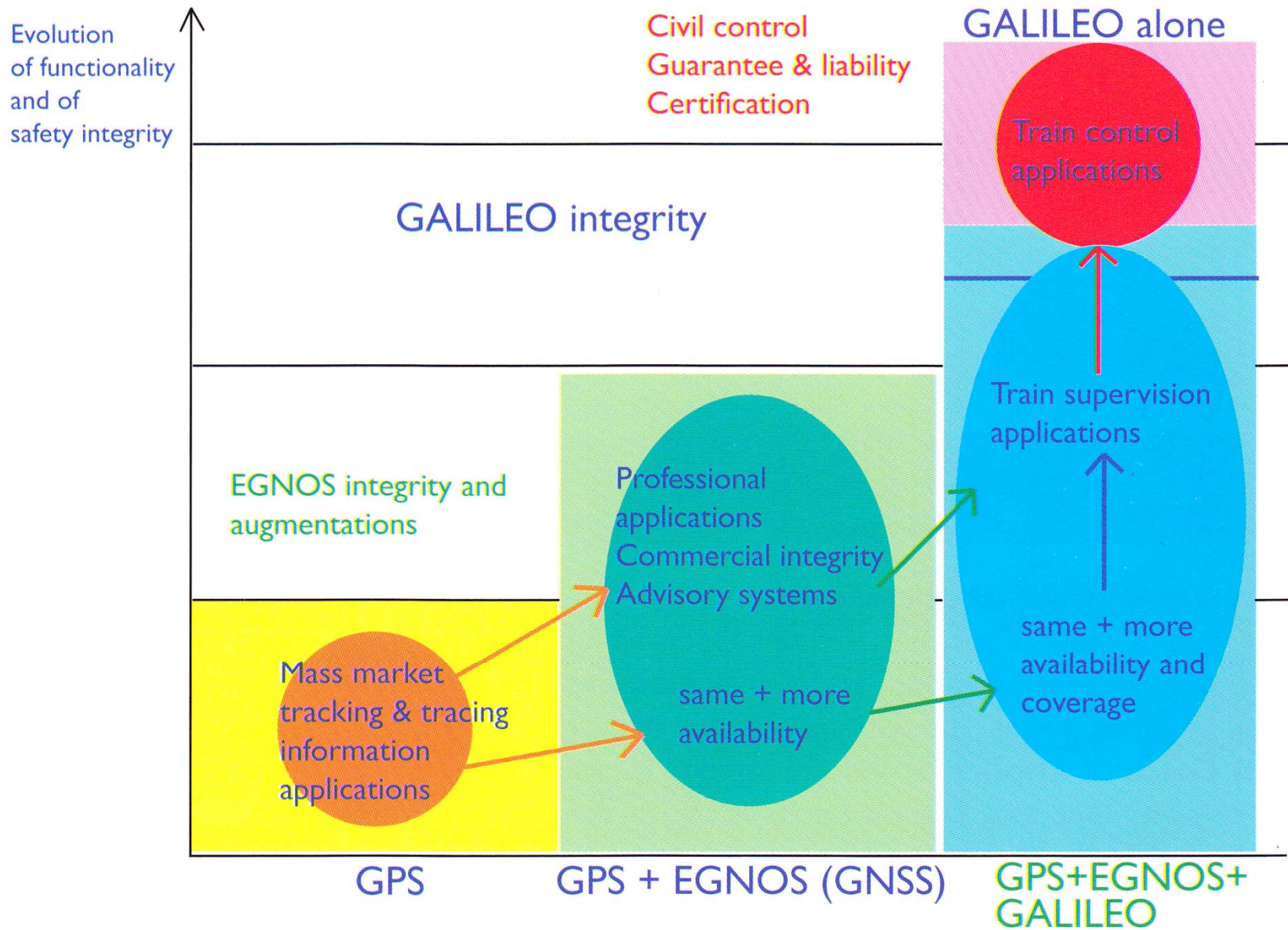


アプリケーションのシステム要求

- ① **利用者向けのシステム等**: 列車追跡・診断、貨車の監視・診断、遅延情報案内
・安全関連の要求なし、測位精度は10mで十分、連続性も重要ではない
- ② **業務上の応用**: 軌道測量、軌道機械誘導、土木の精密測位、軌道敷設・保守、軌道・付帯設備の劣化位置把握
・1～2m、10cm以下(干渉測位で達成可能な範囲)
完全な覆域が必要、連続性は重要ではない
- ③ **安全関連の応用**: 列車監視、列車制御、線路内作業の防護
・許容限度を超える位置・速度の誤差を規定時間内に極めて高い確率で検出、排除(性能要求は用途により異なる)
・AL (accuracy limit), TTA (Time To Alarm), Integrity Riskにより規定
一例として、線路長手方向の精度: 2m (6m)、Integrity Risk: 10^{-11} 、TTA: 1秒、Alarm limit: 特定されていない、速度誤差2%以下、完全な覆域、連続性も重要

➡ 衛星測位以外の技術と組み合わせて実現





Satellite navigation systems and railway applications

UIC “Galileo for rail” Expert Group

- UIC(国際鉄道連合) … パリに本部
- 独、仏、英、伊、スペイン、チェコ他(大学、鉄道事業者、メーカー)が参加
- 初期の活動内容(～2005)
 - ① 最適なアプリケーションとそのロードマップの提示(業界の啓蒙も目的の一つ)
 - ② Cost Benefit Indexing modelによる各アプリケーションの経済的な評価
→ 利用者向け、安全関連のアプリケーションが有望
↳ Galileoの妥当性検証と認証が必要
 - ③ 他の技術との統合による各アプリケーションの効果的な実装方法の提示
- その後の活動内容(2005～2007?)
 - ① 鉄道の安全システムに応用するためのGalileoサービスの認証への関わり
 - ② 閑散線区向け列車制御システムの安全性要件と効率的適用法の検討、標準化
 - ③ 鉄道環境におけるGNSS/Galileoの性能検証(評価ツール)
- これまでシンポジウムを2回開催



内 容

1. 列車運行(列車間隔制御)の仕組み
2. GPSベースの鉄道アプリケーション
3. 列車保安制御へ応用するための技術開発
4. Galileoの鉄道応用を目指す欧州の動向
5. QZSSへの期待



QZSSへの期待

【ニーズ】

鉄道システムにICTを適用し、

- ・効率向上、サービス改善、保安度向上
- ・沿線地上設備を極力削減(特にローカル線)

【QZSSへの期待】

課題の保安制御が低コストで実現できる可能性

- 日本の基準点に基づくGPS、GLONASS、Galileo等の補正、補強
- 航法メッセージの高信頼化
(強力な誤り検出符号、受信機内でのデータ照合)
- 受信機におけるサーチ時間の短縮
- 受信機の規格化および低価格での供給
- 測定の低コスト化



まとめ

- 列車検知のための地上設備は重厚長大、位置の分解能も低い
- 多様なアプリケーションが鉄道事業者の各々の目的に沿って導入システムの導入により既存設備を撤去するまでには至っていない安全システムへの導入は、支援システムにとどまる(国内)
- 高い安全性が要求される保安制御への応用は課題
 - ・ 鉄道総研の知能列車構想
 - ・ 欧州におけるGalileoの鉄道応用に向けた取り組み
- QZSSが運用されれば低コストで実現できる可能性

