

電子情報通信学会

宇宙・航行エレクトロニクス研究会 (SANE)

# 移動体向け広域型ネットワークRTK システムの検討

---

東京海洋大学

○高須知二、海老沼拓史、安田明生

# 背景 (1)

---

- ネットワークRTK
  - センチメートル級測位精度
  - ネットワーク補正→利用者単独測位
  - 測量応用から移動体応用へ
- 既存ネットワークRTKの問題
  - 携帯電話通話エリア制限
  - 利用者通信コスト
  - 回線中断の影響で運用性が落ちる

## 背景 (2)

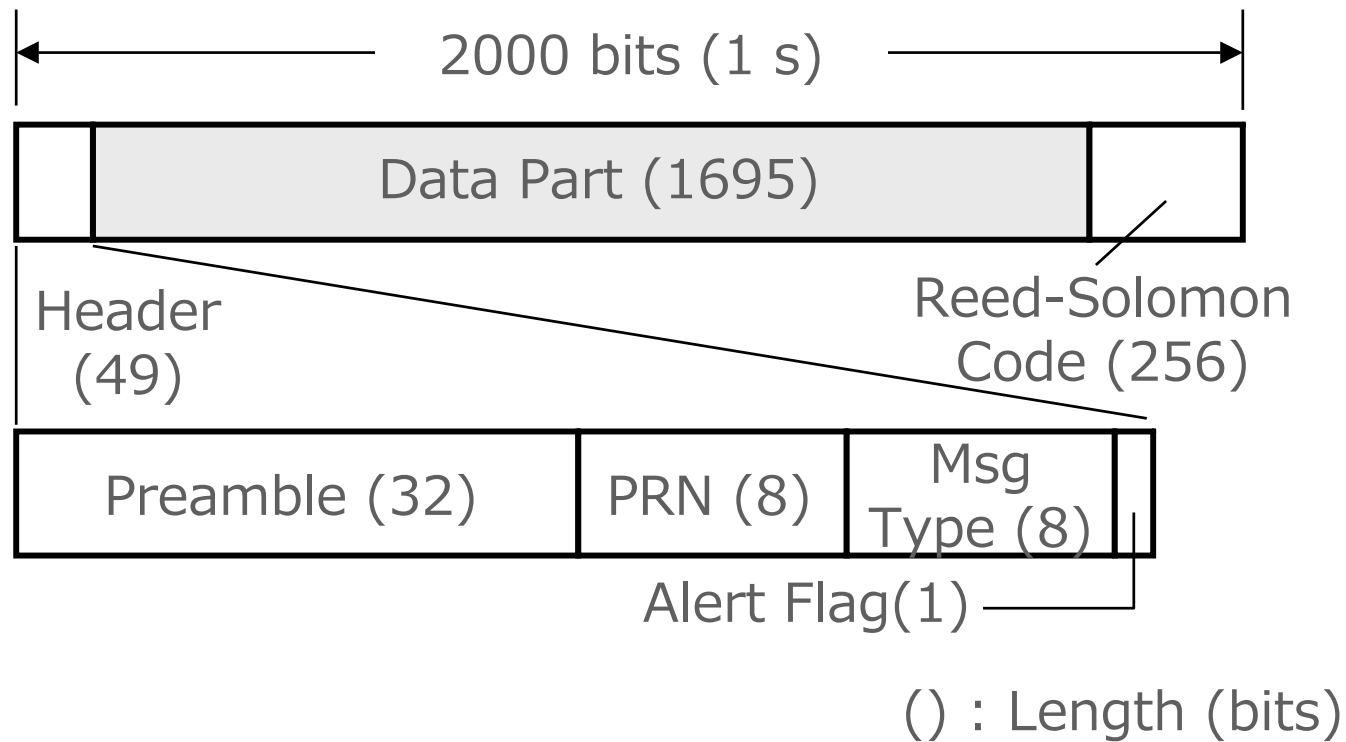
---

- 衛星放送によるネットワークRTK
  - 広域カバレッジ
  - 利用者の利便性
- 準天頂衛星 (QZSS)
  - 2009年末初号機打上予定
  - LEX信号：1278.75MHz、2Kbps
  - デシメータ・センチメータ級測位補強
- データ伝送量削減→新しい方式設計

# 既存高精度測位補強システム

	<b>VRS</b>	<b>FKP</b>	<b>GDGPS</b>	<b>MSAS</b>
Service Area	All Japan	All Japan	World Wide	East-Asia Region
Correction Info	VRS Obs	Ref Obs+FKP	Satellite Orbit/Clock	Orbit/Clock+Ionos+Fast
Comm Link	Mobile Phone	Mobile Phone	INMARSAT	MTSAT
Msg Rate	4.8Kbps/User	4.8Kbps/User	1.2Kbps	250bps
Accuracy (Horiz RMS)	1-3cm	1-3cm	10cm	50cm
TTFB	3s-1min (Dual-Freq)	3s-1min (Dual-Freq)	10-30min (Dual-Freq)	10s-1min

# QZSS LEXメッセージ構造



# 補正情報方式

---

- 従来型ネットワークRTK
  - 一括補正、高更新周期 (1s)
  - (仮想) 基準局補正量 (+補正パラメータ)
  - 広域では多量の補正情報伝送が必要
- 広域型ネットワークRTK
  - 分離補正 (軌道/時計/電離層/対流圏 等)
  - 空間分解能・更新周期の最適化
  - SSR (State Space Representation)

# 衛星軌道誤差・時計誤差

---

- 衛星軌道
  - 放送暦衛星軌道基準補正量（位置＋速度）
  - 最大12衛星、衛星ID+IOD
  - 更新周期：30秒
- 衛星時計
  - 放送暦SVクロック基準補正量
  - 高速変動、補正量生成時間、伝送遅延
  - 更新周期：3秒

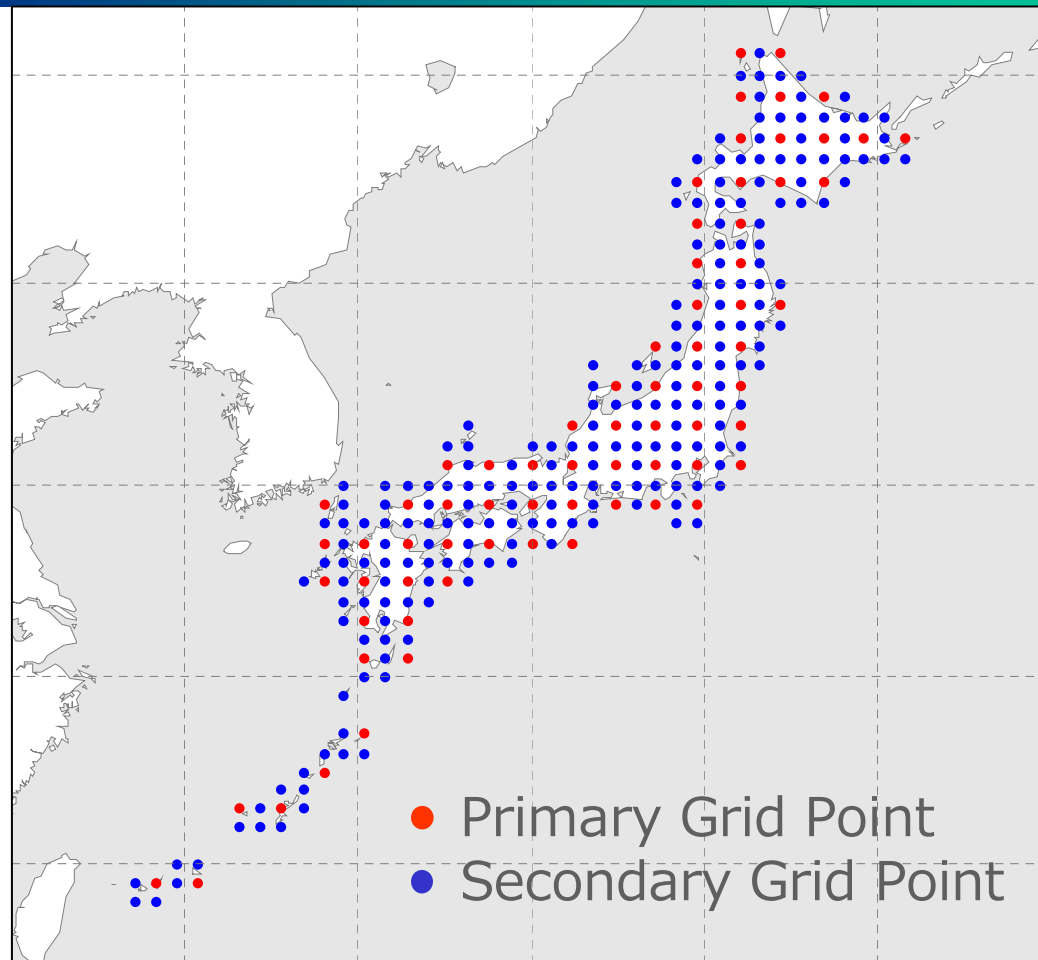
# 電離層遅延補正

---

- 電離層遅延
  - 地表補正格子点 - 衛星スラント遅延 (L1)
  - L2, L5遅延はL1遅延からモデル計算
  - 更新周期：30秒
- 地表補正格子点
  - 日本全国陸域 (離島除く), 55km間隔
  - 280点 (主格子点● 70 + 副格子点● 210)
  - 従来型ネットワークRTK基準局と同一間隔



# 地表補正格子点構成案



# 対流圏遅延補正

---

- 対流圏遅延
  - 空間変動、時間変動は一般に穏やか
  - 主格子点 ● 毎湿潤天頂遅延 (ZWD)
  - 規定マッピング関数 (NMF)
  - 更新周期：30秒
  - 乾燥大気遅延はモデル補正 (GPT+NMF)

# 搬送波位相・コードバイアス

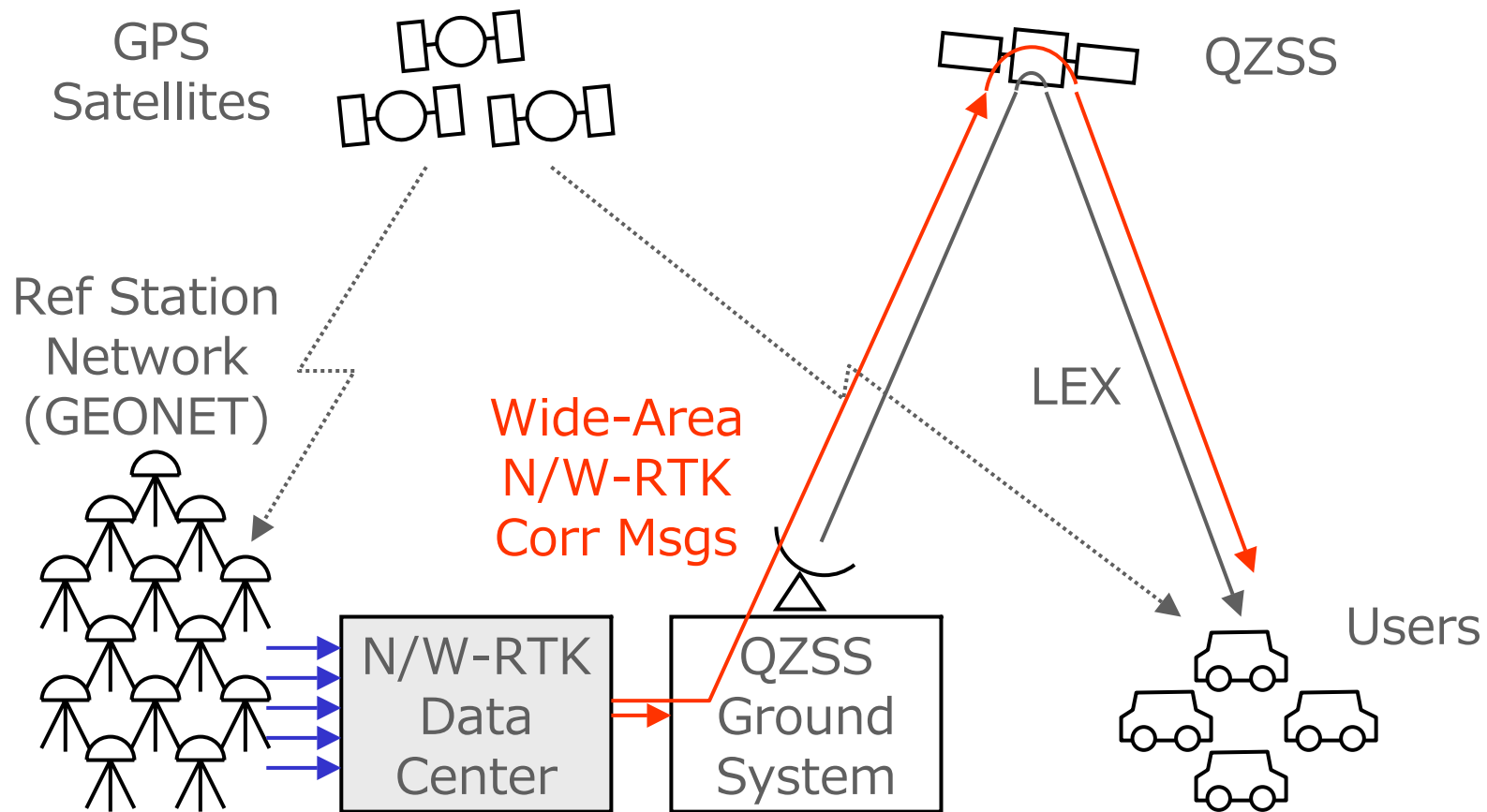
---

- 搬送波位相バイアス
  - L1, L2, L5衛星初期位相 (サイクル)
  - Phase-windup補正、LCコード位相基準
  - 整数バイアス決定に必須
  - 衛星間差分のみ意味
- コードバイアス
  - L1C/A, L2C, L5衛星DCB (m)
  - LC (L1P-L2P) コード位相基準

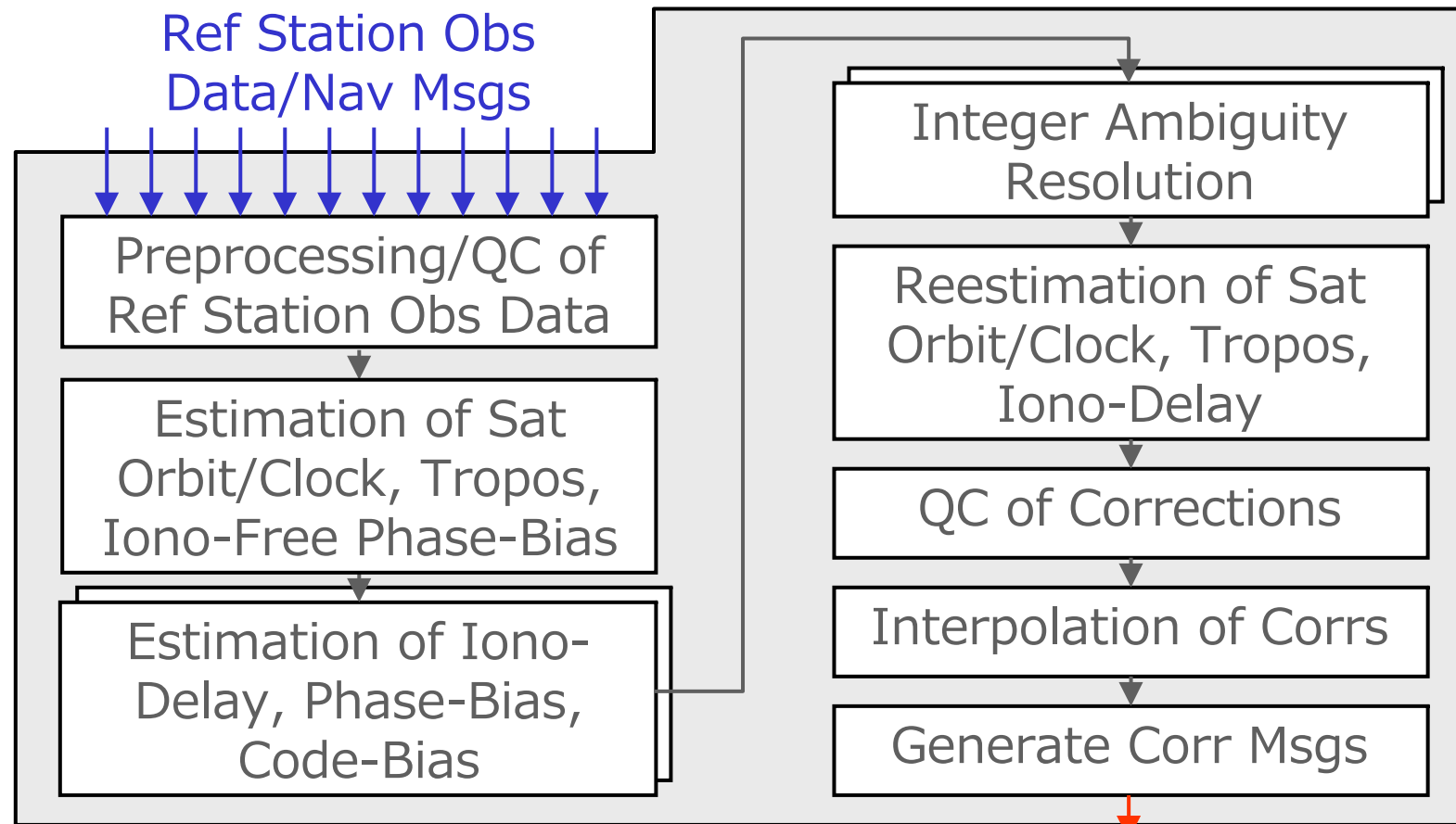
# 補正情報量見積

Correction	Bits	Scale(LSB)	Range	Sats	Grids	Interval	bps
Sat Orbit	15×3	2mm	-33-33m	12	-	30s	18
	15×3	.02mm/s	-.3-.3m/s	12	-	30s	18
Sat Clock	15	0.006ns	-98-98ns	12	-	3s	60
Ionos Delay	15	2mm	0-66m	12	70 ●	30s	420
	13	2mm	-8-8m	12	210 ●	30s	1092
Trop Delay	11	0.5mm	0-1m	-	70 ●	30s	26
Code Bias	8×3	0.1m	-13-13m	12	-	30s	10
Phase Bias	11×3	0.01cyc	-10-10cyc	12	-	30s	13
SatID+IOD	8+8	-	-	12	-	30s	6
Others	-	-	-	-	-	1-30s	32
Total							1695

# システム構成



# 補正情報生成



Wide-Area N/W-RTK Corr Msgs

# 利用者補正処理

## 搬送波位相・疑似距離観測方程式

$$\lambda_i \Phi_{ir}^s = \rho_r^s + c(\underbrace{dt_r}_\text{推定または} - \underbrace{dT^s}_\text{補正情報の} - \underbrace{\Delta dT^s}_\text{補間・補外}) - f_1^2 / f_i^2 \underbrace{I_r^s}_\text{モデル計算} + \underbrace{T}_\text{(ICD規定)} + \underbrace{mZWD_r}_\text{(ICD規定)} + \lambda_i(\underbrace{\phi_{ir}}_\text{推定または} - \underbrace{\phi_i^s}_\text{補正情報の} + \underbrace{N_r^s}_\text{補間・補外} + \underbrace{\Delta\phi_r^s}_\text{補間・補外}) + \underbrace{\Delta_r}_\text{モデル計算} + \varepsilon_\Phi$$

$$P_{ir}^s = \rho_r^s + c(\underbrace{dt_r}_\text{推定または} - \underbrace{dT^s}_\text{補正情報の} - \underbrace{\Delta dT^s}_\text{補間・補外}) + f_1^2 / f_i^2 \underbrace{I_r^s}_\text{モデル計算} + \underbrace{T}_\text{(ICD規定)} + \underbrace{mZWD_r}_\text{(ICD規定)} + \underbrace{DCB_i}_\text{モデル計算} + \underbrace{\Delta_r}_\text{モデル計算} + \varepsilon_P$$

$$\rho_r^s = \left\| \underbrace{\mathbf{r}^s}_\text{補正情報の} + \underbrace{\Delta \mathbf{r}^s}_\text{補間・補外} - \underbrace{\mathbf{u}_r}_\text{推定または} - \underbrace{\Delta \mathbf{u}_r}_\text{補間・補外} \right\| \approx \left\| \underbrace{\mathbf{r}^s}_\text{補正情報の} - \underbrace{\mathbf{u}_r}_\text{推定または} \right\| + \mathbf{e}_r^{sT} \cdot (\underbrace{\Delta \mathbf{r}^s}_\text{補間・補外} - \underbrace{\Delta \mathbf{u}_r}_\text{補間・補外})$$

推定または  
消去

補正情報の  
補間・補外

モデル計算  
(ICD規定)

# 技術課題と開発要素

---

- 測位性能評価
  - 測位精度：精度劣化、センチメートル級？
  - 整数バイアス決定性能/TTFB
- 補正情報生成方式設計
  - 基準局間リアルタイム整数バイアス決定
  - 一括推定方式、計算機処理負荷低減
- 移動体応用技術開発
- 他測位衛星システムサポート検討



# まとめ

---

- 広域型ネットワークRTKシステム
  - 補正情報方式設計・データ量見積
  - システム概念検討、技術的成立性
  - QZSS LEXによる高精度測位補強システム
  - 移動体応用、センチメートル級、日本全国
- 技術課題・開発要素
  - 性能解析、シミュレーション評価
  - プロトタイプ設計・開発

# 謝辞

---

- 本研究は財団法人 衛星測位利用推進センター（SPAC）との共同研究

「準天頂衛星のLEX信号利用に関する  
信号内容の最適化に関する調査研究」

に基づき実施した。