

リアルタイムキネマティック (RTK) GPS を用いた追従実験

Car following experiment by using Real Time Kinematic GPS

北海道大学大学院工学研究科 ○学生員 鈴木 淳(Jun Suzuki)
 北海道大学大学院工学研究科 学生員 横 桑 昌 典(Masanori Yokokume)
 北海道大学大学院工学研究科 正員 中 辻 隆(Takashi Nakatsuji)
 北海道大学大学院工学研究科 正員 小野寺雄輝(Yuki Onoodera)
 北海道開発局開発土木研究所 正員 吾 田 洋 一(Yohichi Azuta)
 北海道開発局開発土木研究所 正員 浅 野 基 樹(Motoki Asano)

1. はじめに

1993 年に商業的に利用可能になったリアルタイムキネマティック (RTK) 測位は、技術的な進歩によりガイダンスや機械の制御に日常的に用いられるようになった¹⁾。さらに土木構造物施工においても行われるようになり、その重要性はますます増えている²⁾。2000 年 5 月 1 日(米国時間)には米国政府によりセレクトィブアベイラビリティ (SA) 解除が行われ、位置精度も飛躍的に向上した。また、GPS 機器の操作性や経済性も向上しており、使用機会も増えることが予想されている。

このような背景のもとで 2000 年 10 月に苫小牧寒地試験道路およびその周辺で行われた RTK-GPS による追従実験の報告を行う。

2. 走行試験

本実験は車 10 台に RTK-GPS を取り付けて各々の車の挙動を調べた。実験目的としては

- ・車群中における追従挙動の分析
- ・直線部と曲線部における追従挙動の比較
- ・追従モデルにおける新たな概念の導入
- ・従来型計測システムと RTK-GPS システムの比較
- ・RTK-GPS システムにおける Moving 試験の確立

等があげられる。

2. 1 走行試験路³⁾

走行試験は 2000 年 10 月 16 日～10 月 18 日の 3 日間、苫小牧市柏原にある北海道開発局開発土木研究所所有の苫小牧寒地試験道路(図 1)を使用して行われた。この試験路は平成 12 年 3 月に整備され、1200m の直線区間と曲線半径 50m のカーブからなる延長約 2700m の周回路で、2 車線道路区間、4 車線道路区間、オンオフランプ区間があり、道路に関する各種実験を行うことができるのが特徴である。

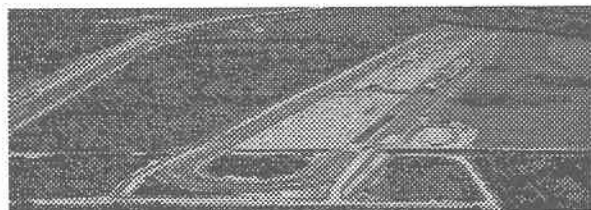


図 1 苫小牧寒地試験道路³⁾

2. 2 車両および運転者

試験に用いた車両及び配車順列及び運転者特性は表 1 の通りである。配車順列とは車の並んだ順番を表す。配車順列は Atype, Btype の 2 パターン、運転者特性は Otype, Stype の 2 パターンあり、各々のパターンを組み合わせることで試験を行った。

表 1 配車順列、車種紹介及び運転者特性

配車順列		車種紹介		運転者(年齢及運転歴)		
A type	B type	年式	車種	全長(m)	O type	Stype
先頭車	先頭車	平成3年	ハイゼット	3.29	50代40年	30歳10年
最後尾	最後尾	昭和63年	サファリ	4.80	30歳10年	50代40年
9号車	9号車	昭和60年	ビスタ	4.43	30歳10年 ^{*1)}	30歳10年
2号車	8号車	平成12年	カペラ	4.59	21歳3年	21歳3年
3号車	7号車	平成10年	ローレル	4.74	25歳3年	25歳3年
4号車	6号車	平成10年	セフィーロ	4.78	24歳5年	24歳5年
5号車	5号車	平成12年	ブルーバード	4.56	25歳3年 ^{*2)}	25歳3年 ^{*2)}
6号車	4号車	平成12年	スカイライン	4.70	23歳3年	23歳3年
7号車	3号車	平成10年	プリメーラ	4.43	22歳2年	22歳2年
8号車	2号車	平成12年	アベニールワゴン	4.65	24歳3年	24歳3年

*1)一部 46 歳 10 年 *2)一部 25 歳 7 年

2. 3 計測機器

計測機器はトリンプルジャパン株式会社の MS750 を用いた。この製品は水平 2Cm 垂直 3Cm の精度で 1 秒間で 20 回、20 ミリ秒の遅れで位置情報を出力できることを特徴としている⁴⁾。また GPS には基地局と移動局が存在し、衛星から基地局や移動局までは L1:1.5Ghz 帯、L2:1.2Ghz 帯の 2 つの周波数が用いられており、基地局から移動局へは 400Mhz 帯が用いられている。

走行試験路における基準局は試験道路中心に位置する小屋の屋根に固定した。街路における試験(Moving)の基準局は先頭車とした。残りの追従車にはすべて GPS アンテナ及び関連機器を取り付けている。RTK-GPS 機器によって得られるデータは、時刻、絶対位置(x,y,h)、速度、方向、品質などであり、試験道路における試験では 0.1 秒間隔、街路における試験では 0.2 秒間隔で計測した。また、GPS 型との比較を行うために 4 台の車(ハイゼット、サファリ、ビスタ、カペラ)については従来型の機器も取り付けた。従来型は車両前方に車間センサー、速度計および重心部に加速度計から構成されている。さらに、従来型のデータと GPS のデータとの同期をとるために、同期信号も出力している。従来型は 0.1 秒間隔で出力させた。

2. 4 試験条件

試験は大きく分けて基準局を固定にしている試験道路内における試験と基準局を移動としている一般道における試験（Moving）の2種類に分けられる。

2. 4. 1 試験道路内における試験

苫小牧寒地試験道路における試験は、曲線部、直線部、交差点部および、静止状態の4種類の試験が行われた。曲線部においては試験道路における曲線区間の追従挙動を取得した。直線部においては直線部分である1200mを基準長として速度がSinカーブを描くような走行を行った。交差点部においては直線部分である1200mを2つに分け600mを基準長として、それぞれの終端部分に信号機又は手信号を設けた。静止状態は精度の検証をするために巻き尺との比較を行っている。表2は試験条件および取得データ数一覧である。尚、これらの試験は走行内容をランダムに並び替え、さらに配車順列及び運転者ボタンを任意に変えて行った。

表2 試験条件一覧

道路区分	走行モード	内容	取得データ数
Curve (曲線部)	V40	40Km/h一定走行	2
	V60	60Km/h一定走行	2
	V80	直線部:80Km/h・曲線部:安全な速度	8
Highway (直線部)	Halfwave_060	平均40Km/h・最大60Km/hの正弦半波長	6
	Halfwave_080	平均40Km/h・最大80Km/hの正弦半波長	4
	OneWave+	平均50Km/h±20Km/hの正弦1波長++	4
	OneWave-	平均50Km/h±20Km/hの正弦1波長--	4
	TwoWaves+	平均50Km/h±20Km/hの正弦2波長++	4
	TwoWaves-	平均50Km/h±20Km/hの正弦2波長--	4
	ThreeWaves+	平均50Km/h±20Km/hの正弦3波長++	4
	ThreeWaves-	平均50Km/h±20Km/hの正弦3波長--	5
	Random	40Km/h～80Km/hの自由走行	8
	V20	20Km/h一定走行	3
	V40	40Km/h一定走行	4
	V60	60Km/h一定走行	2
	V80	80Km/h一定走行	4
Intersection (交差点部)	Acceler_040	加速傾向・信号の40m手前で赤現示	4
	Acceler_100	加速傾向・信号の100m手前で赤現示	8
	Deceler_020	減速傾向・信号の20m手前で赤現示	4
	Deceler_100	減速傾向・信号の100m手前で赤現示	4
	Random_040	自由走行・信号の40m手前で赤現示	10
	Random_100	自由走行・信号の100m手前で赤現示	6
	V40_030	40Km/h一定・信号の30m手前で赤現示	4
静止状態	V40_100	40Km/h一定・信号の100m手前で赤現示	3
		一定車間における静止状態	5

2. 4. 2 一般道における試験（Moving）

この試験は実際の市街地道路で走行実験を行った。Moving試験は一台の車が基準局となるために、得られるデータは基準車との相対的位置となる。計測データは、時刻、相対車間（x,y,h）および品質などである。表3は試験一覧である。

表3 一般道における Moving 試験一覧

日時	試験内容	車の台数	特記事項
9月20日	札幌市内北大周辺	2	
9月20日	札幌市内～石狩湾新港	2	
10月5日	苫小牧寒地試験道路周辺1	2	高規格道路を含む
10月5日	苫小牧寒地試験道路周辺2	2	高規格道路を含む
10月5日	静止位置測定	2	
10月5日	苫小牧市街	2	
10月5日	苫小牧東IC～輪厚PA	2	高速道路走行
10月5日	輪厚PA～札幌市内	2	高速道路走行
10月18日	苫小牧寒地試験道路内	10	1台目は基準局
10月19日	静止位置測定	4	従来型データも取得
10月19日	札幌市内～石狩湾新港	4	従来型データも取得
10月19日	石狩湾新港内	4	従来型データも取得
10月19日	石狩湾新港～札幌市内	4	従来型データも取得

3. 試験結果

3. 1 精度確認

表4は、試験道路内における試験において行われた静止状態である。時間10秒合計100個のデータの平均値、分散などである。ここで、 $\bar{X}, \bar{Y}$ はデータの平均値、 $\Delta X, \Delta Y$ は0.1秒間核の増減値の平均、 σ は分散を示す。また、実測値とGPSによる車間とその差を示している。表4よりX、Y座標ともにほぼ一定値であり、安定しているといえる。また、実測値との差も小さいので製品情報通りに数Cm単位の誤差であるといえる。

表4 静止位置における精度確認（試験道路内における試験）

車種	北方向 $\bar{X}$ [m]	東方向 $\bar{Y}$ [m]	ΔX [cm]	σ	ΔY [cm]	σ	車間 (m)	実測値 (m)	誤差 (m)
ハイゼット	-38742.21	-147986.91	0.0	0.3	0.0	0.4	8.48	8.50	-0.02
カベラ	-38750.20	-147984.08	0.0	0.2	0.0	0.3	12.08	12.00	0.08
ローレル	-38761.91	-147981.12	0.0	0.5	0.0	0.2	8.00	8.00	0.00
セフィーロ	-38769.52	-147978.65	0.0	0.5	0.0	0.3	11.97	12.00	-0.03
フルーバード	-38781.03	-147975.35	0.0	0.2	0.0	0.2	8.01	8.00	0.01
スカイライン	-38788.65	-147972.88	0.0	0.5	0.0	0.4	11.99	12.00	-0.01
フジメーラ	-38800.15	-147969.48	0.0	0.3	0.0	0.4	8.02	8.00	0.02
アムニールワゴン	-38807.86	-147967.29	0.0	0.1	0.0	0.1	12.01	12.00	0.01
ビスタ	-38819.46	-147964.21	0.0	0.4	0.0	0.2	8.57	8.50	0.07
サファリ	-38827.73	-147961.94	0.0	0.5	0.0	0.4			

3. 2 試験道路内における試験結果

図2は3波長(Three wave+)の走行パターンにおける試験結果、図3は交差点部における加速傾向かつ40m手前で赤現示における試験(Acceler_040)結果である。横軸が時間(s)であり縦軸が速度(Km/h)であり、上から先頭車、二号車、三号車…と続く。

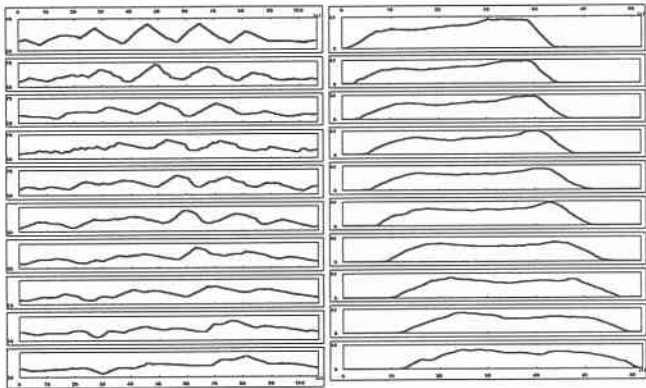


図2 ThreeWaves+

図3 Acceler_040

4. 結論

RTK-GPSを用いた測定は、計測ミスが少ない、精度が格段に良い、曲線部における追従挙動が調べられる等の利点がある反面、市街地のMovingにおいてはノイズや陰により思うようにデータが取りづらい等の欠点がある。以上よりRTK-GPSは追従実験において従来型にとってかわる。

5. 謝辞

本研究において、RTK-GPSの機材貸与および技術指導に対して多大な協力を賜ったトリンプルジャパン(株)の岩部氏らの関係各位に記して謝意を表します。

6. 参考文献

1) Nicholas C. Talbot, 1998, Rescent Advances in Real-Time Kinematic
2) 町田聡, 1994, 地理情報システム・入門&マスター
3) 北海道開発局交通研究室, 2000, 北海道の交通事故統計ポケットブック
4) MS750 製品仕様書, 2000, トリンプルジャパン(株)