

小型自動着陸実験 (A L F L E X) の結果について (速報)

平成 8 年 8 月 2 8 日

科学技術庁

航空宇宙技術研究所

宇宙開発事業団

1. 概要

A L F L E X は、平成 5 年に開発を着手し、今年度 6 月末から 8 月にかけて豪州ウーメラ飛行場において着陸実験を実施した。

7 月 6 日第 1 回目のフライトを行った後、風条件緩和、オフセット分離及び舵面加振等の条件で 8 月 1 5 日までに計 1 3 回の飛行実験を実施し、所定のデータ取得を行った。

2. 実験項目及び実験目的

全フライトの実験項目及び実験目的を表 1 に示す。

フェーズ I では自動着陸についての設計の妥当性の確認を目的として技術データの取得を行い、フェーズ II では自動着陸の各種飛行実験条件 (風条件緩和、オフセット分離及び舵面加振) を変化させて実施し、空力データ及び航法・誘導・制御に関する技術データを取得する計画とした。

3. 着陸性能評価

全フライトの分離時、接地時、走行時及び停止時の主要パラメータを表 2 に示す。なお、# 0 9 ~ # 1 2 では、データ取得の観点から制動用パラシュートを使用せずに実験を行った。

3. 1 地上風

表 2 に示した地表から高さ 6. 1 m (2 0 f t) で計測した接地時の風データを図 1 にまとめている。右風のほぼ全域にわたり万遍なく分布しており、設計の妥当性の確認に適していたと考えている。

地上風の最大値としては、以下の通りであった。

向風	# 0 4	8 4. 6 %
横風	# 0 8	9 7. 8 %
追風	# 0 5	1 4 9. 7 %

なお、追い風については、フェーズ I の結果とシミュレーション解析によりフェーズ II 以降では 1 5 0 % まで緩和することとした。

3. 2 分離位置

表 2 に示した分離時の X 座標 (滑走路方向位置)、Y 座標 (滑走路垂直方向位置) 及び高度のデータを図 2 にまとめている。原点

付近にばらついている点がノミナル分離のフライトで（# 1 2 は、5 0 m 上方オフセット）、他の点がオフセット分離のフライトである。

オフセット分離の影響は全てのフライトにおいて平衡滑空までに修正されており、プリフレア以降（接地、停止を含む）には全く現れておらず、設計通りであった。オフセットの最大値は以下の通りであった。

左方	# 1 0	1 9 3 . 9 m
上方	# 1 2	4 6 . 9 m
下方	# 0 9	4 6 . 0 m
手前	# 0 8	1 0 0 . 6 m

なお、左方のオフセットの設計値は最大 1 0 0 m であったが、# 0 9 までのフライト結果とシミュレーション解析を踏まえ # 1 0 において 2 0 0 m オフセットを実施した。

3. 3 接地位置

表 2 に示した接地時の X 座標（滑走路方向位置）及び Y 座標（滑走路垂直方向位置）のデータを図 3 にまとめている。

X 座標及び Y 座標の最大／最小値は以下の通りである。

X 座標 最大値	# 1 1	4 6 3 . 4 m
最小値	# 0 4	3 4 0 . 2 m
Y 座標 最大値	# 1 2	3 . 6 m
最小値	# 0 3, 0 6	0 . 1 m

X 座標のばらつきは # 1 1 と # 0 4 の差から最大 1 2 3 . 2 m で、シミュレーション解析による予想値 4 5 0 m（3 σ ）に比較して十分に小さかった。一方、全ての接地点が予定した接地点よりも前方にずれている点に関しては機体の特性によると推測しているが、今後詳細な解析を実施する予定である。

Y 座標については、設計上の制限値 1 8 m に対し、最大でも 3 . 6 m しか離れておらず、非常に良好であったと考えている。

3. 4 接地時沈下率

表 2 に示した接地時の沈下率（高度方向速度）のデータを接地時の X 座標とともに図 4 にまとめている。

接地時沈下率の最大／最小値は以下の通りである。

最大値	# 0 4	1 . 5 0 m
最小値	# 1 1	0 . 3 7 m

沈下率の設計上の制限値は 3 . 1 m であったが、全フライトとも脚の能力に対し十分な余裕を持って接地することが出来た。

3. 5 停止位置

表 2 に示した停止時の X 座標及び Y 座標のデータを図 5 に、また、停止時の X 座標を接地時の前後方向の風速とともに図 6 にまとめている。

0 9 ~ # 1 2 は、制動用パラシュートを開かない条件であったが、図 5 から効果がさほど大きくないことが理解される。一方、図 6 には、風速との相関が明確に現れている。

制動用パラシュートの効果については、詳細な解析を予定している。

停止時の X 座標及び Y 座標の最大／最小値は以下の通りである。

X 座標 最大値	# 1 1	9 9 1 . 0 m
最小値	# 0 4	5 8 7 . 7 m
Y 座標 最大値	# 0 4	2 . 6 m
最小値	# 1 3	0 . 1 m

X 座標に関しては、制動用パラシュートなしのフライトを含めてすべて、設計値の 1 0 0 0 m 以下で停止することが出来た。

Y 座標に関しては、接地時と同様に、設計時の制限値 2 1 m に対し十分に余裕を持って停止した。

4. 機器作動状況

全フライトを通じ、実験中機器はほぼ正常に作動した。

特記事項としては以下のことがあった。

- ・ # 0 1 後にバイアス変動の問題で電波高度計を交換した。このバイアス変動はその後の調査で、# 0 1 で使用した電波高度計単体の不具合ではなく、受信回路の設計の問題であることが判明した。
- ・ # 0 1、# 0 2 及び # 0 3 の後に計 3 回左右の主脚のブレーキバランスをとるためブレーキ圧を調整した。
- ・ # 0 1 の結果、主脚の回転数計測に疑義が生じた。このため、# 0 2 ~ # 0 5 においては A B S (アンチロックブレーキシステム) を使用しなかったが、回転数計測の疑義はその後の調査で問題ないことが判明した。

その他、懸吊時に母機と機体を電氣的に接続するアンビリカルケーブルの断線等点検時における軽微な故障が発生したが、いずれも実験に影響を与えるものではなかった。

5. スケジュール

スケジュールに関しては、当初設定されたものから、1 週間程度の遅れとなり、豪州との協定については、1 ヶ月延長されることとなった。

6. 結 論

小型自動着陸実験は、予定通りフェーズⅠ、フェーズⅡ合わせて計13回実施され、所定のデータ取得を行った。

これにより、HOPE-Xにおける自動着陸に際しての飛行制御系の設計に必要なデータが得られたと考える。また、今まで全く未経験であった我が国における航空機の自動着陸実験技術を実証することが出来た。

今後引き続き詳細なデータ解析を行う予定である。

表1、表2及び図1～図6は省略する。

表1 実験項目及び実験目的

フェーズ	飛行 番号	実施日	実験機飛行時刻			実験項目	風条件	実験目的
			分離	接地	停止			
フェーズ I	01	7月6日(土)	11:11:53	11:12:42	11:12:54	基本性能評価1	60%設計風	機体及び地上設備の基本性能の確認
	02	7月14日(日)	11:15:17	11:16:06	11:16:19	基本性能評価2	同上	同上
	03	7月24日(水)	16:08:51	16:09:36	16:09:54	オフセット分離1 (左80m)	同上	誘導性能確認
フェーズ II	04	7月27日(土)	14:11:42	14:12:34	14:12:46	縦マヌーバ1 (エレベータ加振1.5deg)	向風、横風100% 追風150%設計風	空力特性データ取得 (ピッチ関連)
	05	7月28日(日)	13:42:32	13:43:18	13:43:36	横マヌーバ1 (ラダー加振3deg)	同上	空力特性データ取得 (ヨー関連)
	06	7月30日(火)	12:06:19	12:07:05	12:07:22	縦マヌーバ2 (エレベータ加振2deg)	同上	空力特性データ取得 (ピッチ関連)
	07	8月5日(月)	11:55:45	11:56:31	11:56:47	横マヌーバ2 (エルロン加振1deg)	同上	空力特性データ取得 (ロール関連)
	08	8月7日(水)	11:22:02	11:22:55	11:23:09	オフセット分離2 (手前100m) 及び 横マヌーバ3 (ラダー加振3deg)	同上	誘導性能確認 空力特性データ取得 (ヨー関連)
	09	8月8日(木)	11:15:48	11:16:39	11:16:53	オフセット分離3 (左100m下50m)	同上	誘導性能確認
	10	8月9日(金)	11:10:14	11:11:01	11:11:17	オフセット分離4 (左200m)	同上	誘導性能確認
	11	8月10日(土)	11:11:15	11:12:00	11:12:21	オフセット分離5 (手前100m) 及び 横マヌーバ4 (エルロン加振1deg)	同上	誘導性能確認 空力特性データ取得 (ロール関連)
	12	8月14日(水)	10:55:21	10:56:09	10:56:24	オフセット分離6 (上50m) 及び 縦マヌーバ3 (エレベータ加振2deg)	同上	誘導性能確認 空力特性データ取得 (ピッチ関連)
	13	8月15日(木)	11:21:09	11:21:59	11:22:12	オフセット分離7 (手前100m) 及び 縦マヌーバ4 (エレベータ加振2deg)	同上	誘導性能確認 空力特性データ取得 (ピッチ関連)

備考) 時刻は現地時刻である。

表2 ALFLX自動着陸実験 着陸性能評価

ノミナル値の下段は評価規定範囲
実験値の下段はノミナル値からの偏差
地上風は接地時の風観測装置出力, H:向風, T:追風, R:右横風, L:左横風

#はオフセット分離
*は制動用パラシュート非使用

飛行番号 実施年月日		ノミナル	01 96/07/06	02 96/07/14	03 96/07/24	04 96/07/27	05 96/07/28	06 96/07/30	07 96/08/05	08 96/08/07	09 96/08/08	10 96/08/09	11 96/08/10	12 96/08/14	13 96/08/15
実験項目		—	基本性能評価	基本性能評価	オフセット分離	エレベータ加減	ラタ—加減	エレベータ加減	エルロン加減	オフセット分離 ラタ—加減	オフセット分離	オフセット分離	オフセット分離 エルロン加減	オフセット分離 エレベータ加減	オフセット分離 エレベータ加減
分離	時刻 (WT)	—	11:11:53	11:15:17	16:08:51	14:11:42	13:42:32	12:06:19	11:55:46	11:22:03	11:15:48	11:10:14	11:11:15	10:55:21	11:21:09
	x座標 (m)	-2682.0	-2673.1	-2676.5	-2661.9	-2691.4	-2683.1	-2666.3	-2680.3	-2782.6	-2674.4	-2673.7	-2749.5	-2683.1	-2778.6
	y座標 (m)	±100.0	+8.9	+5.5	+20.1	-9.4	-1.1	+15.7	+1.7	#-100.6	+7.6	+8.3	#-67.5	-1.1	#-96.6
	高度 (m)	±100.0	-7.5	+3.3	-67.1	-8.8	-5.4	-8.3	-6.4	-6.6	#-87.9	-193.9	+1.6	-5.0	+2.3
	等価対気速度 (m/s)	±50.0	-3.0	-5.8	-4.4	+9.2	-2.0	+2.3	-9.2	-4.4	#-46.0	+2.1	-0.7	#+46.9	-0.3
接地	分離後の時間 (s)	規定なし	44.0	49.3	49.8	45.1	51.6	46.0	45.7	45.8	52.1	51.1	46.9	45.6	50.5
	x座標 (m)	263.1	420.4	451.3	474.8	340.2	441.1	474.5	426.6	432.2	408.8	425.2	463.4	423.3	366.8
	y座標 (m)	±18.0	+0.4	+1.6	-0.1	+1.8	-3.0	-0.1	+1.4	-1.3	+3.1	+2.4	+3.3	+3.6	+0.6
	等価対気速度 (m/s)	±8.0	-3.5	-3.0	-3.0	-4.9	-4.6	-2.3	-4.4	-2.7	-2.7	-2.6	-3.2	-3.8	-3.0
	対地速度 (m/s)	±62.0	-5.4	-5.3	-0.4	-10.3	+1.5	0.0	-1.6	-5.1	-6.2	-2.7	+1.8	-5.5	-7.6
地上風	沈下率 (m/s)	0.82	1.37	0.40	0.44	1.50	0.76	0.65	0.43	0.70	1.11	0.68	0.37	1.07	1.03
	迎角 (deg)	14.2	17.1	17.5	16.2	19.0	16.5	18.4	16.7	15.6	16.9	15.5	16.8	17.4	17.7
	ピッチ姿勢角 (deg)	13.3	13.5	13.7	12.1	14.4	12.5	14.4	13.3	12.5	13.9	11.5	13.3	13.8	13.6
	ロール姿勢角 (deg)	±23.0	+0.2	+0.4	-1.2	+1.1	-0.8	+1.1	+0.0	-0.8	+0.6	-1.8	-0.0	+0.5	+0.3
	ヨー姿勢角 (deg)	±10.0	-0.4	+0.5	-1.2	+0.4	-2.0	-0.6	+0.6	-2.1	+0.7	+0.7	+0.5	+0.9	+0.2
走行	ヨー姿勢角 (deg)	±8.0	+0.7	-0.6	+2.3	-4.1	+3.3	+1.6	-2.1	+4.3	-2.6	-1.6	-0.9	-3.1	-0.9
	ピッチ角速度 (deg/s)	±32.6	-28.7	-25.5	-26.1	-30.4	-30.1	-25.5	-26.1	-28.3	-29.4	-28.1	-26.4	-24.9	-25.3
	滑走距離 (m)	337.9	272.7	272.3	414.7	240.5	450.9	389.1	380.8	301.3	*305.1	*393.4	*526.4	*344.7	272.0
	y座標最大値 (m)	規定なし	-65.2	-65.6	+76.8	-97.4	+113.0	+51.2	+51.2	-36.6	-32.8	+55.5	+188.5	+6.8	-65.9
	停止	±21.0	-1.6	+1.6	-1.6	-2.6	-3.6	-1.8	+1.4	-3.7	+3.1	+2.4	+3.3	+3.6	-1.2
地上風	分離後の時間 (s)	57.0	61.8	62.1	63.1	63.9	64.2	62.3	61.9	65.9	64.4	63.7	65.9	62.7	63.5
	x座標 (m)	601.0	693.1	723.6	889.5	580.7	892.0	863.6	807.4	733.5	713.9	818.6	991.0	767.9	638.8
	y座標 (m)	±1000.0	+92.1	+122.6	+288.5	-20.3	+291.1	+262.6	+206.4	+132.5	+112.9	+217.6	+390.0	+166.9	+37.8
	前後風 (m/s)	0.0	H 4.1	H 3.7	T 1.5	H 7.9	T 5.6	T 2.7	T 2.4	H 3.1	H 6.1	T 0.6	T 5.1	H 3.1	H 6.5
	側風 (m/s)	0.0	44.1	39.3	40.0	84.6	149.7	71.3	64.6	32.5	65.2	15.9	136.0	33.0	68.7
地上風	横風 (m/s)	0.0	R 1.8	R 2.6	R 2.6	R 2.4	R 3.6	R 3.0	R 1.8	R 5.5	L 1.0	L 0.0	R 2.1	L 0.1	R 0.8
	制動風に対する割合 (%)	0.0	31.2	45.8	46.1	43.1	64.8	52.8	31.3	97.8	17.2	0.7	36.6	1.0	14.1

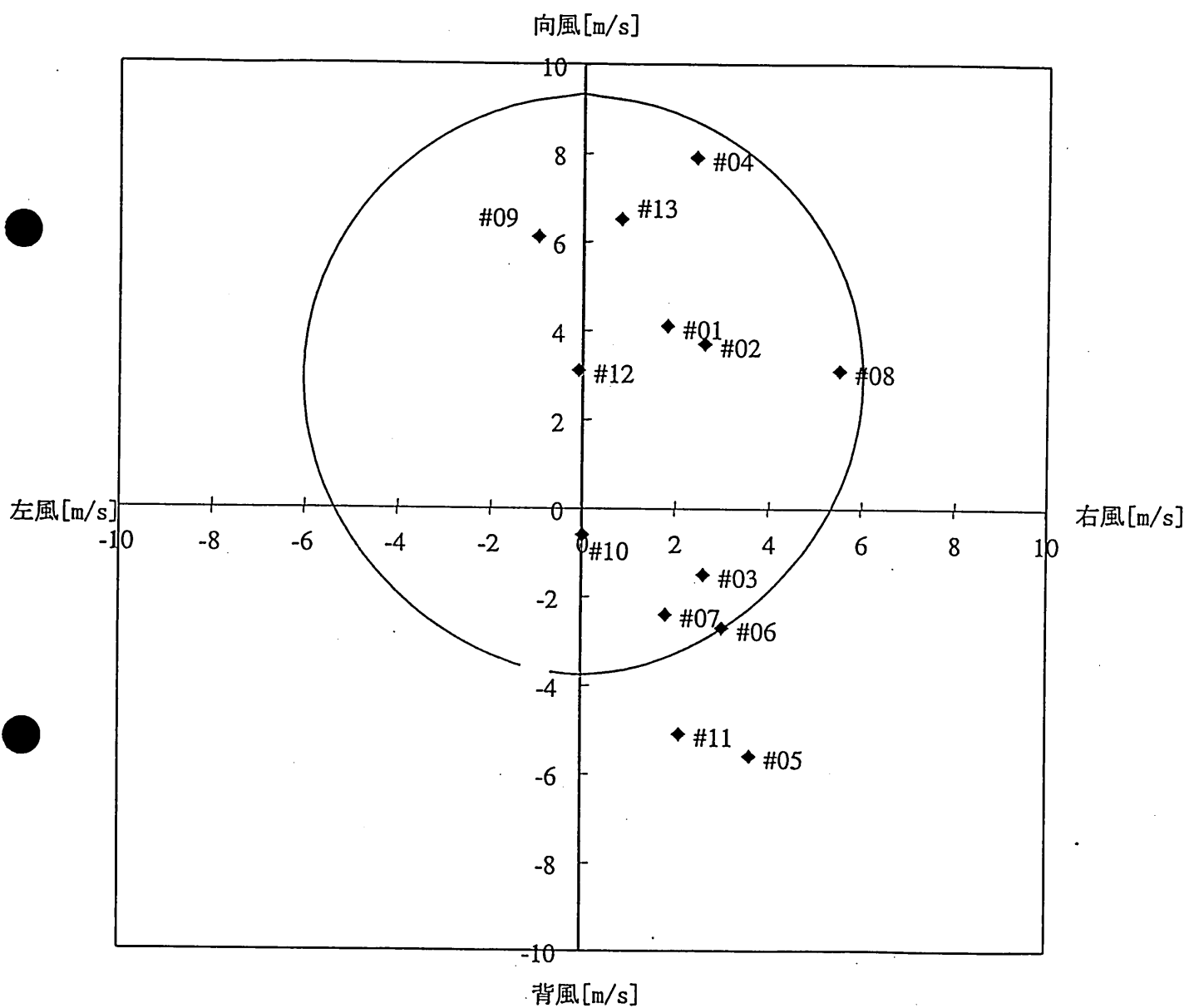


図 1 実験時の地上風

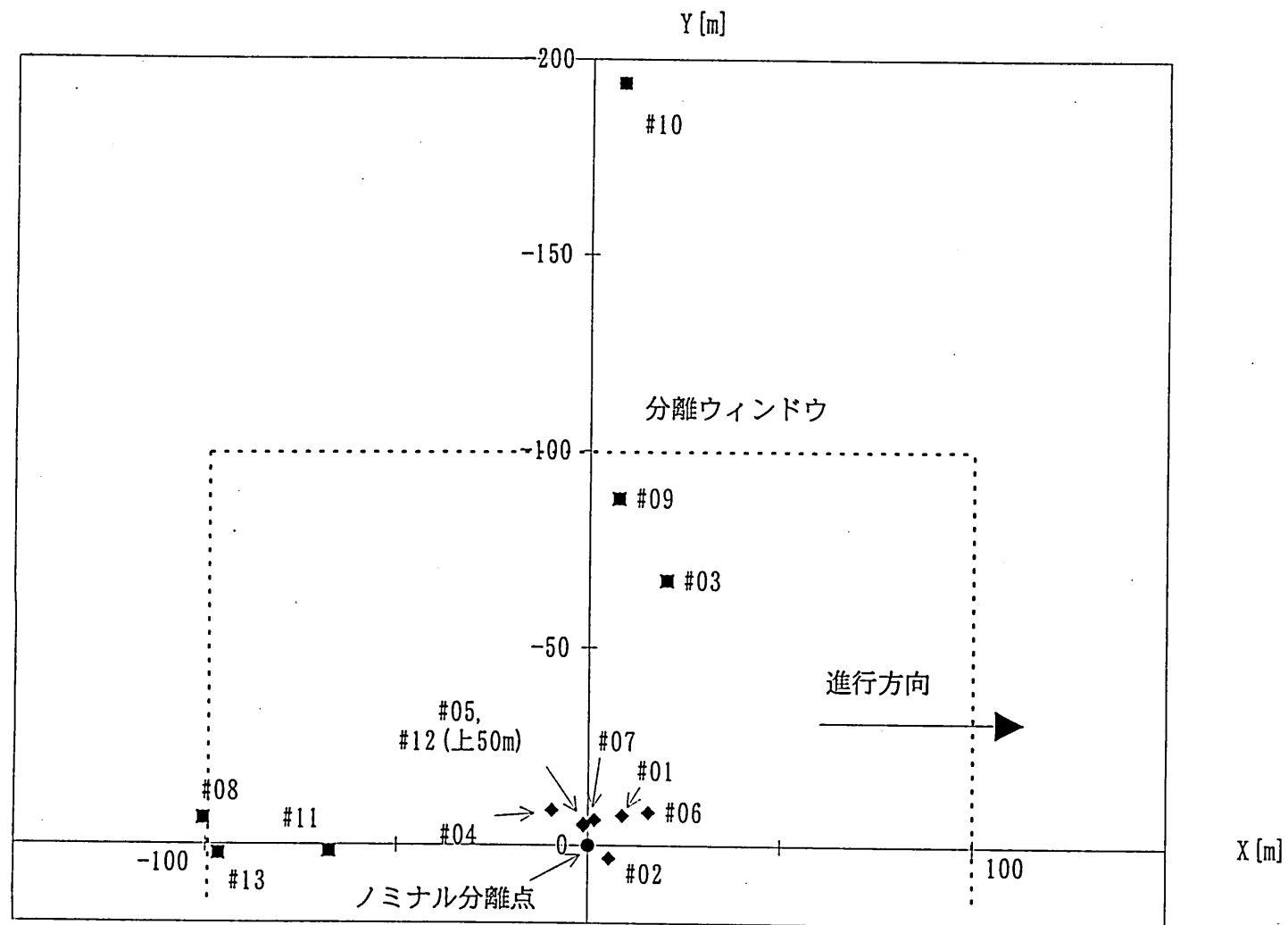


図2 分離位置

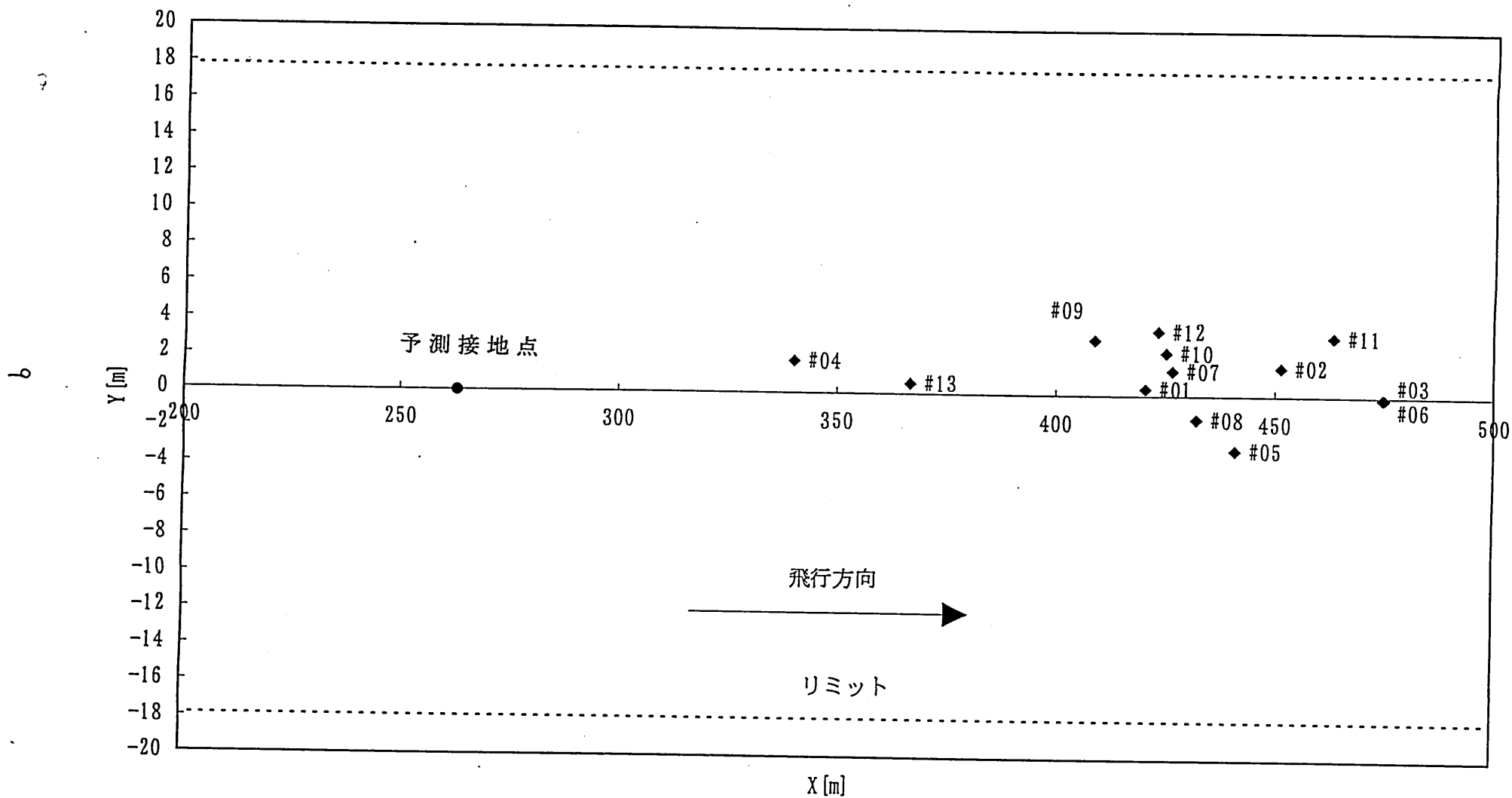


図3 接地位置

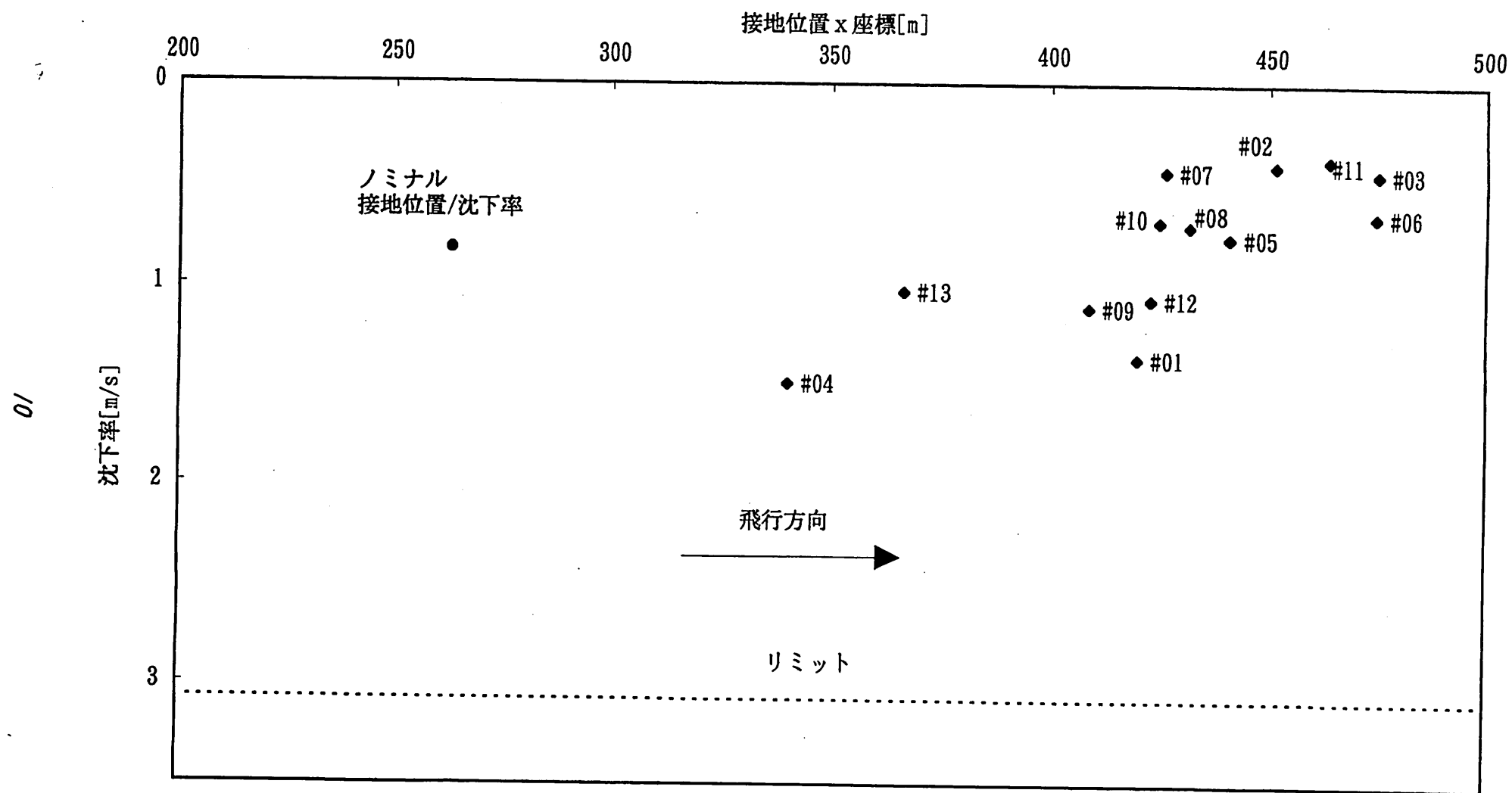


図4 接地時沈下率

//

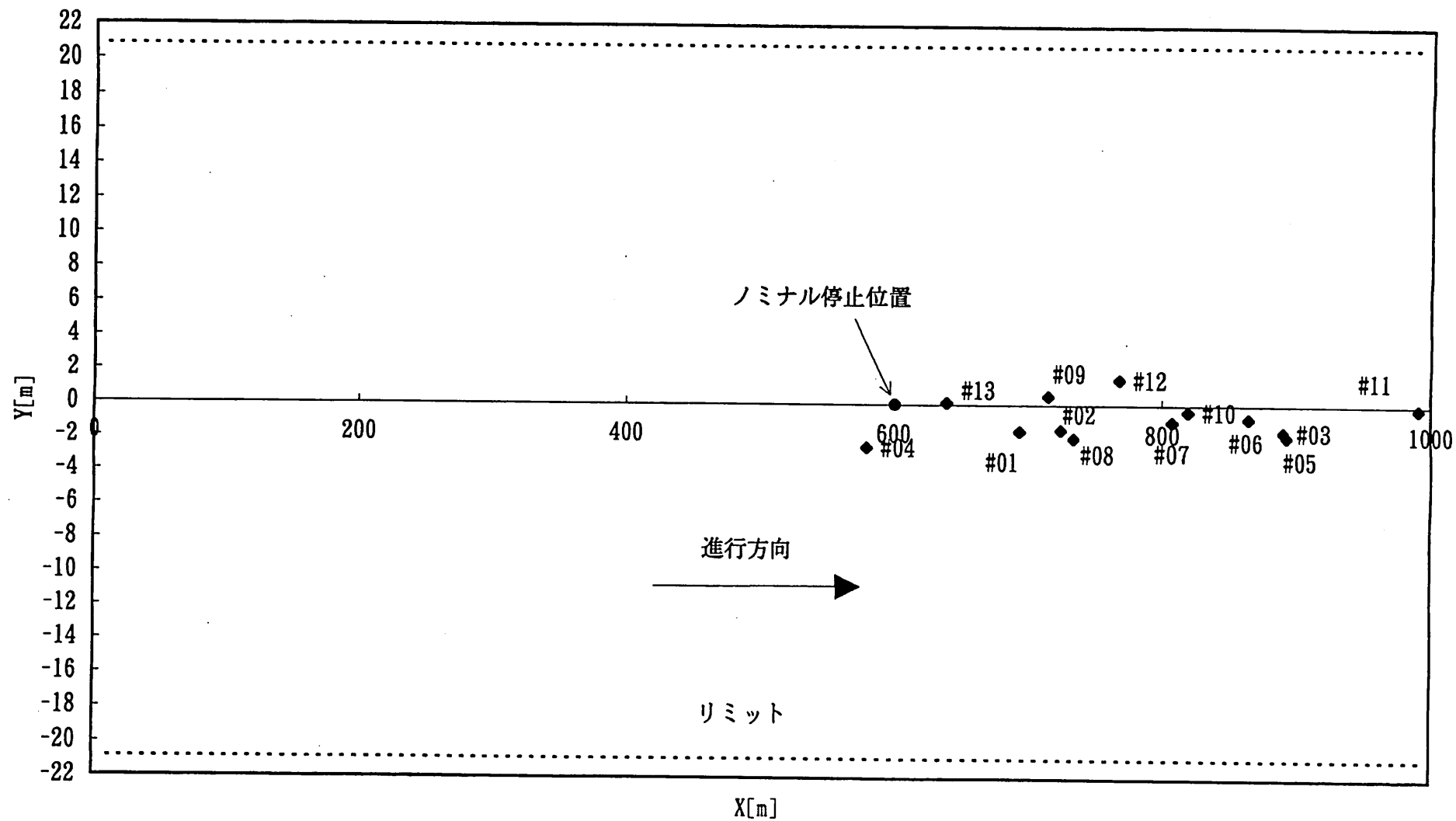


図5 停止位置

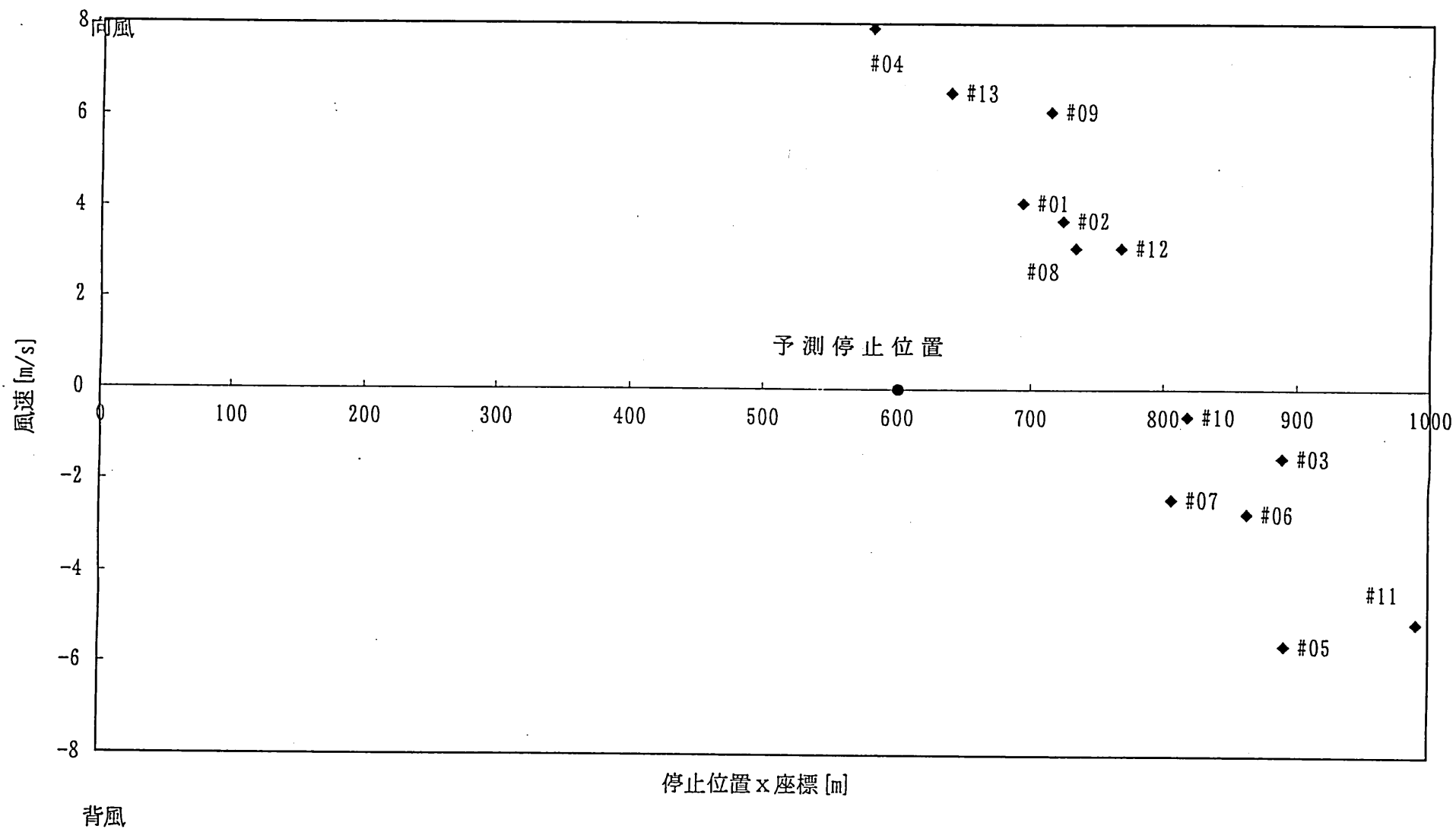


図 6 停止点に対する風の影響