

東京メトロ有楽町線豊洲駅における駅改良計画について STATION IMPROVEMENT PROJECT FOR TOYOSU STATION ON TOKYO METRO YURAKUCHO LINE

沼田 敦¹・辻 雅行²・荻野 竹敏¹・宇波 邦宣³
Atsushi NUMATA・Masayuki TUJI・Takatoshi OGINO・Kuninobu UNAMI

Toyosu Station on the Tokyo Metro Yurakucho Line began operating in 1988. The completion of large-scale redevelopment land-use conversion projects in the surrounding area and the extension of service between Ariake and Toyosu on “Yurikamome” trains in 2006 has led to a sharp upward trend in the number of passengers using Toyosu Station since 2005. The station will also have to handle further increases in passengers when Tsukiji Market, Tokyo’s giant fish market, moves to Toyosu and as development of the Waterfront Subcenter and other future land-development projects in the neighborhood proceed.

The fact that Toyosu Station currently has only one ticket barrier causes heavy congestion around the station stairs and ticket barrier, particularly during morning rush hours. To cope with this situation, Tokyo Metro has predicted the congestion in the station on the basis of the results of a survey of actual passenger flow, while taking into account the state of development of the surrounding area. We then planned and are now implementing a station improvement project. This includes the provision of a new ticket barrier and the addition of a new approach to the ticket barrier. This paper introduces the various reviews conducted during the development of the station improvement project and their results.

Key Words : Improvement of the operating line, redevelopment, passenger flow

1. はじめに

東京メトロ有楽町線豊洲駅は東京都江東区の湾岸地域に昭和63年に開業しているが、近年の周辺地域の大規模な再開発事業の完成などにより、乗降利用人員が急激に増加する傾向を示しており、今後も更なる開発により乗降利用人員の増加が見込まれる駅となっている。

一方、現在の豊洲駅には改札口が一箇所しか設置されていないことなどから、朝のラッシュ時間帯を中心に階段および改札口周辺での混雑が激しい状況となっている。そこで東京メトロでは、改札口の新設や改札階への移動ルートの増設を含んだ駅改良計画を策定し、工事に着手したところである。本稿は、駅改良計画の概要と改良計画策定

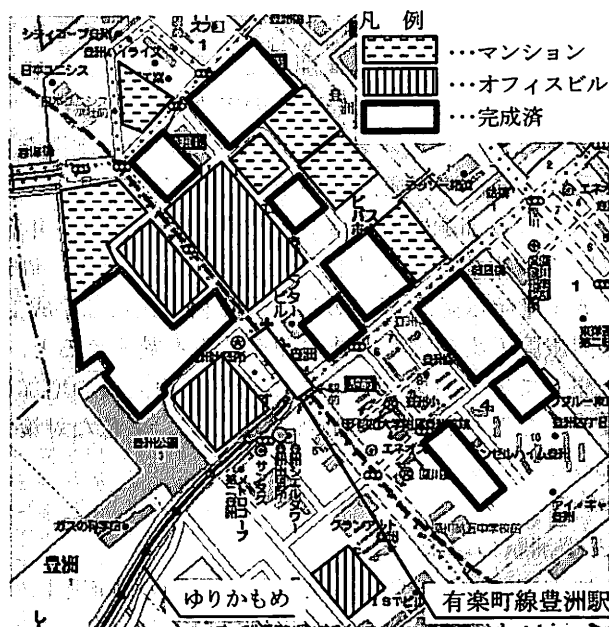


図-1 豊洲駅周辺の再開発状況

キーワード：営業線改良工事，再開発，旅客流動

¹ 正会員 東京地下鉄㈱ 鉄道本部 改良建設部 設計課 課長補佐

² 東京地下鉄㈱ 鉄道本部 改良建設部 設計課長

³ 正会員 メトロ開発㈱ 技術部 技術第一課 課長

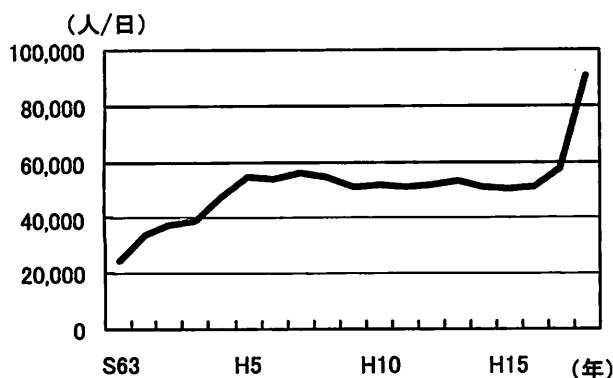


図-2 豊洲駅の乗降人員 (1日平均)

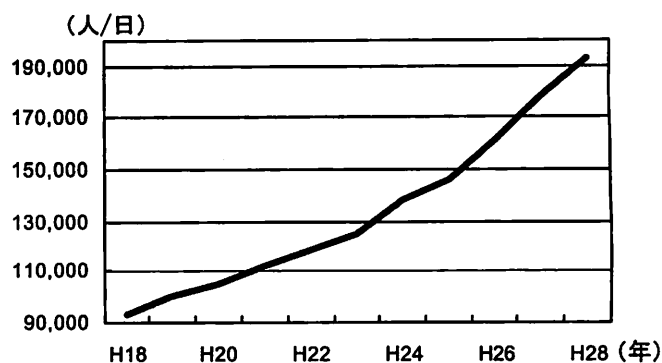


図-3 豊洲駅の将来乗降人員 (1日平均)

にあたり実施した様々な検討の結果について紹介するものである。

2. 豊洲駅改良計画

(1) 経緯

豊洲駅周辺は、近年、IHI（石川島播磨重工業）東京造船所跡地を中心にマンションやオフィスビル、大学、商業施設等の土地利用転換の大規模な再開発事業が相次ぎ展開されており、ビジネスエリア、居住エリアとして著しい発展を遂げている。また、平成18年には「ゆりかもめ」有明～豊洲間の延伸開業し、豊洲駅乗換による臨海副都心へのアクセ

セスが強化された。さらに今後も周辺の土地開発はもちろんのこと、築地市場の豊洲移転や臨海副都心の開発など多くの開発計画が予定されている。

一方、豊洲駅は昭和63年の開業から約20年経過している。乗降利用人員は図-2に示す通り平成5年以降1日平均約5万人程度で推移していたが、周辺環境の変化の中、特に都心方面からの利用者の増加が平成17年以降顕著であり、乗降利用人員は平成18年度実績で1日平均84,000人となっており、今後の豊洲駅周辺及び臨海地域の開発状況を踏まえると、将来の乗降利用人員は1日平均193,000人に達すると予想している（図-3）。この乗降利用人員の増加に伴い、現在の豊洲駅は朝のラッシュ時間帯を中心に階段および改札口周辺で混雑が激しく、早急な対策が必要な状況であり、駅の改良について検討することとなった。

(2) 豊洲駅の現状

豊洲駅は地下3階構造で、地下3階の軌道階には将来の路線新設に備えた軌道スペースが確保されているため、ホームは行き先方向別に分かれた島式2面構造となっている。改札は1ヶ所地下1階の新木場方に設置されており、地下2階から地下1階へと上がる階段・エスカレーターも改札口前の1ヶ所のみとなっている。乗降客は列車からホームに降り立つと地下2階コンコースに一旦上がった後、新木場方に移動し、改札口の前の階段・エスカレーターを利用することとなる。このため、すべての乗降客が改札口前の階段・エスカレーターに集中するため、朝のラッシュ時間帯を中心に激しい混雑状況を招いている（図-4）。

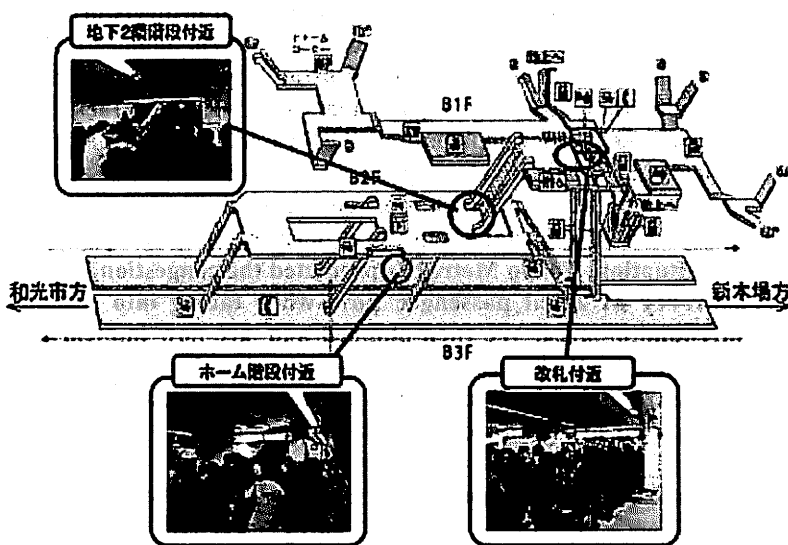


図-4 豊洲駅の現状及び混雑状況

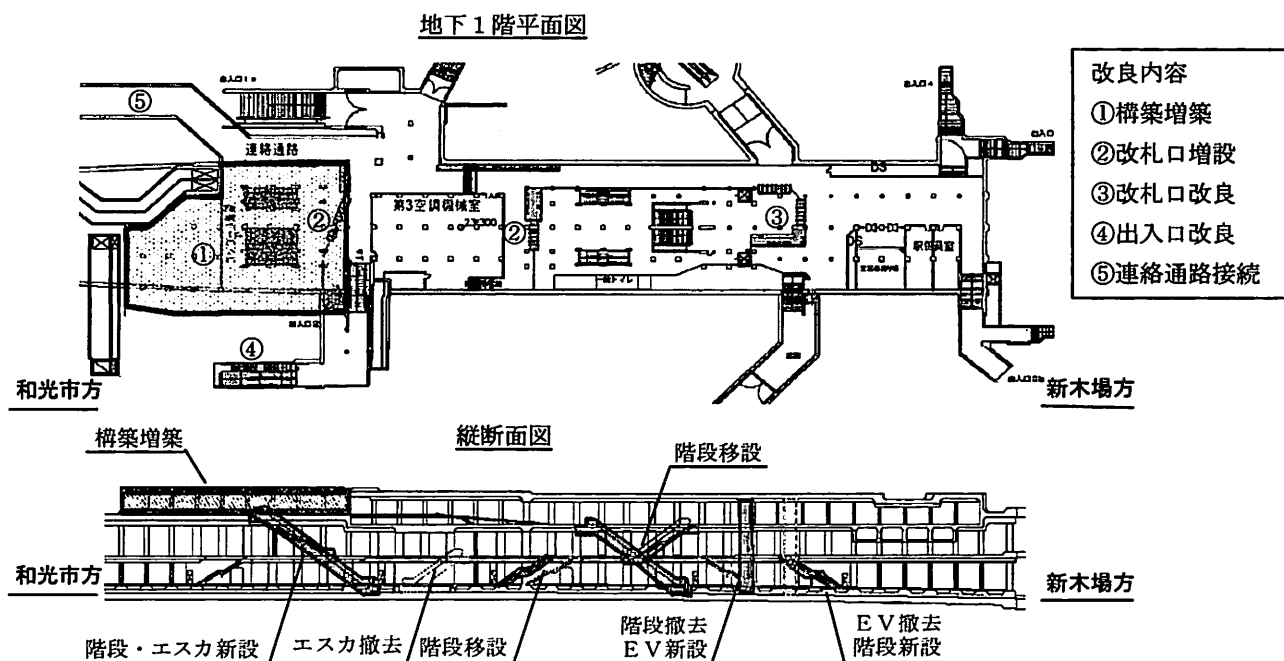


図-5 豊洲駅の改良計画図

また、有楽町線は現在、朝のラッシュ時間帯には150秒間隔で運行されているため、混雑の激しい新木場方面行きのホーム上では乗降客の増加と相まって、列車からホームに降りた乗降客による昇降設備（階段・エスカレーター）前の混雑が解消する前に後続の列車がホームに進入してくるといった状況も生じている。

(3) 豊洲駅の改良計画

豊洲駅には周辺開発に合わせて開発事業との連絡通路の接続や既存出入口の改良といった要望もあることから、これらの改良と合わせて豊洲駅の現状を踏まえ、1日平均20万人の乗降利用人員に耐え得るように、図-5に示すような改良を行うこととした。

a) 構築増設による改札口の増設

現状では改札口及び地下2階から地下1階への移動ルートが新木場方の1ヶ所であるため、乗降客がすべてこの1ヶ所に集中し、激しい混雑を招いていることから、和光市方の地下1階部分に構築を増築し、この増設部分に新たに改札口及び地下1階への昇降施設を増設することにした。さらに、駅中央付近に新設するホーム階から地下1階への直通エスカレーターの利用者に配慮し、駅中央付近にも改札口を新設する。これにより、乗降客を大きく3つの改札口に分散させることが可能となる。

b) 改札階までの移動ルートの増設・変更

ホーム上における降車客による昇降施設前の滞留が後続列車の進入時まで継続し、ホーム上での乗降に支障となるような状況を回避するため、昇降施設の総数を現状に対し1ヶ所増やすとともに、設置位置の変更等を行い、ホーム上の昇降施設の配置を均等化し、滞留時間の短縮を図ることとした。また、乗降客の利便性に配慮し、ホーム階から地下1階へ直通で上られる昇降施設を2ルート設置することとした。

c) その他

再開発事業の申し出による再開発ビルとの連絡通路の接続、利用者からの要望による出入口の改造、駅構内改造に伴う施設配置替え等を合わせて行う。

3. 改良計画策定にあたっての検討事項

前項で述べた改良計画を策定するにあたっては、旅客の流動シミュレーションをはじめ様々な検討を行っている。本項ではこの内の主なものについて、その検討手法と結果について紹介する。

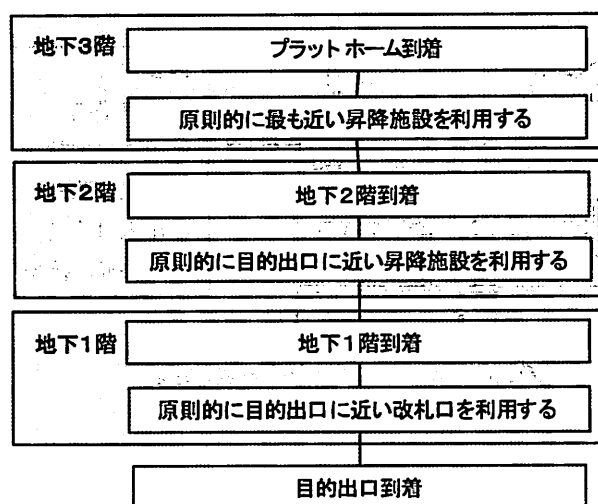


図-6 降車客の経路選択フロー

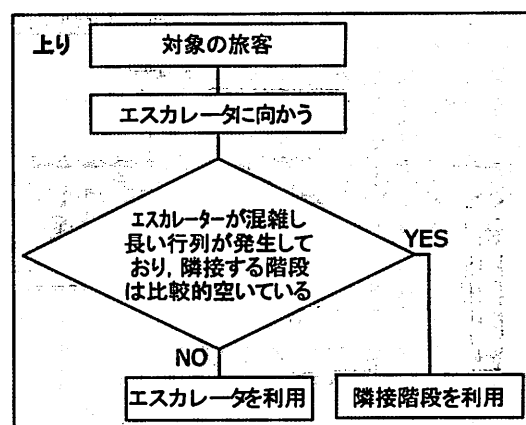


図-7 階段・エスカレーター選択フロー

(1) 旅客流動シミュレーション

現在の豊洲駅は、近年の乗降利用人員の増加に対して昇降施設の処理能力が不足し、乗降客の滞留が生じている状況である。対策としては昇降施設の増設による処理能力のアップが有効であるが、営業中の地下鉄駅という非常に限られた空間での改良であることから、昇降施設の増設による対応には限界がある。このため、限られた台数の昇降施設をできる限り有効に配置して旅客滞留時間の短縮を図る必要があることから、昇降施設の配置パターンを数種類用意してシミュレーションを行い、旅客滞留時間及び流動状況の比較を行った。

a) 検討手法

検討にはイギリスLEGION社の歩行者群集シミュレーションシステムを使用した。本システムは歩行者一人一人の独立した歩行挙動を再現し施設空間の利用状況を把握する分析ツールで、鉄道駅や空港、大規模イベント会場などといった大勢の利用者が一時期に集中して利用する施設の流動シミュレーションに広く用いられている。

本システムでは、旅客の流動といった群集の特性は個人と個人の相互作用によって生じると仮定しており、歩行者は各々独立した意思を持つ歩行物体として表現されている。歩行者の基本的な行動方針は経路や昇降施設の利用条件を与えることで決まっているが、歩行者個々の動きは混雑によって歩行速度の減速を強制される欲求不満（Frustration）、進みたい方向に行けずに方向転換を強制される不便さ（Inconvenience）、個人空間を侵害される不快感（Discomfort）、これら3つの要素による不満足（Dissatisfaction）が最も少ない空間を選びながら進むことで、全体の流動状況を再現している。

b) 前提条件

シミュレーションの前提条件は次の通りとした。

・将来需要人員

シミュレーションする際の需要人員は、需要予測に基づく1日平均20万人とする。

・シミュレーション時間

平日のトップピーク時間帯の30分間とする。（8:30～9:00）

・降車客の経路選択

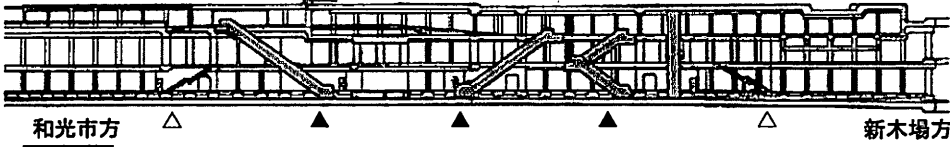
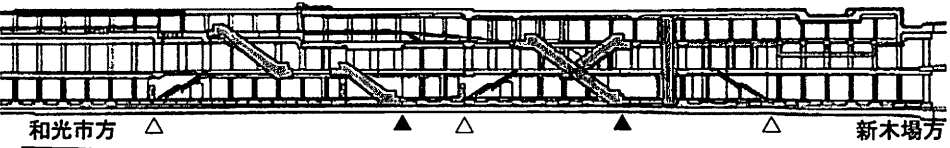
降車客の経路は、図-6に示す通り設定している。

降車後、地下3階のホーム上では原則的に降車位置から最も近い昇降施設を利用する。地下2階ではフロア上を移動して、目的の出入口に近い昇降施設を利用する。

・階段とエスカレーターの選択

昇降施設を利用する際に隣接している階段とエスカレーターのどちらを使用するかは、図-7に示す通り設定している。

表-1 昇降施設配置パターン

ケース	配置図	ホーム上の昇降施設
1		階段 2ヶ所 ESC 3ヶ所
2		階段 3ヶ所 ESC 2ヶ所

凡例 △：階段 ▲：エスカレーター

上りの場合、原則的にエスカレーターを利用するが、エスカレーターが混雑して長い行列が発生している状況で、隣接している階段が比較的空いている場合には、階段を利用する。

・降車客の車両分担率

降車客の各車両の分担率は、現地での事前調査の結果から乗車傾向を把握して設定している。

事前調査の結果では、昇降施設に近い車両の分担率が他の車両よりも高いことから、改良案の昇降施設の配置を考慮して設定した。また、降車客の50%は利用する出入口、昇降施設の位置を考慮して都合の良い車両に予め乗車しているものとし、残り50%は全車両に均等に乗車しているものとした。

c) 昇降施設の配置パターン

昇降施設の配置パターンは、表-1の通り2ケースとした。

・ケース1

ホーム上の昇降施設の総数は現状に対し1ヶ所増の5ヶ所（エレベーターは除く）とし、この内2ヶ所は乗降利用客の利便性に配慮し、ホーム階から和光市方と新木場方のそれぞれの改札口（地下1階）まで一気に上がる直通エスカレーターとした。

・ケース2

ホーム上の昇降施設の総数はケース1と同様に現状に対し1ヶ所増の5ヶ所（エレベーターは除く）とするが、ホーム階から地下1階への直通エスカレーターを1ルート配置する。なお、直通エスカレーターの地下1階昇降口は駅中央付近とし、この付近にも改札口を設置する。

d) シミュレーション結果

以上の2ケースのシミュレーション結果は、表-2の通りである。なお、表-2には混雑の激しい新木場方面行きのホームの結果について示すとともに、参考として現状の昇降施設配置に対して乗降客が必要予測の20万人となった場合の結果を示す。

現在の有楽町線は朝ラッシュ時には150秒間隔で運行されていることから、将来乗降人員が増加すると昇降施設前の混雑が一層激しいものとなり、昇降施設前に降車客が滞留している状態で後続列車がホームに到着してしまうことが容易に予想される。このため、後続列車の到着までに降車客の滞留を解消する必要があることから、降車客がホームに降り立ってからホーム上の何れかの昇降施設に乗り込みホーム上から居なくなるまでの所要時間（クリアランス時間）を比較すると、ケース2が最短の132秒でケース

表-2 シミュレーション結果一覧表

ケース	ホーム上 平均クリアランス 時間	平均所要時間 (降車→改札口)
1	146	140
2	132	147
参考	150超	441

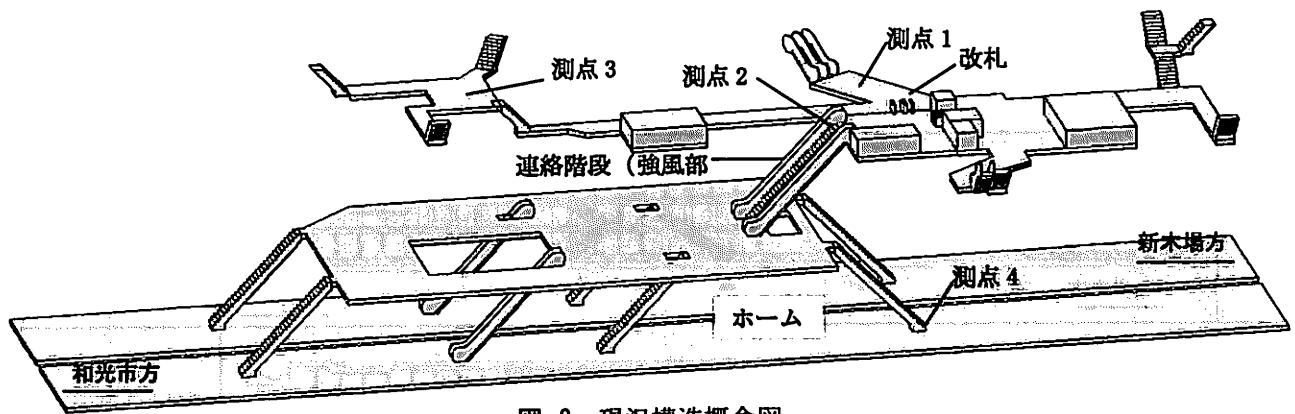


図-8 現況構造概念図

1 とは 1.4 秒の差がある。この両ケースの差は昇降施設の配置パターンの違いによるもので、ホーム上の昇降施設の総数は両ケースとも同じであるが、エスカレーターよりも旅客処理能力が高い階段の方が多く、かつホーム全域にほぼ均等に配置されていることがケース 2 のクリアランス時間の短縮に繋がっていると考えられる。

一方、旅客が列車から降車し改札口まで移動するのに要する時間は、ケース 1 の方が短い結果であった。これはホームから地下 1 階までの直通エスカレーターを配置することで地下 2 階での乗換が省略されて所要時間の短縮に繋がっていると考えられ、直通エスカレーターの設置数が多いケース 1 の方が有利な結果であった。

以上のシミュレーション結果を踏まえ、最終的な昇降施設の配置はホーム上のクリアランス時間が短いケース 2 を基本とし、更に地下 2 階での昇降施設の乗換解消及び降車から改札口までの所要時間短縮による利便性の向上に配慮して、和光市方のエスカレーターをホームから地下 1 階までの直通とする計画とした。

(2) 列車風検討

豊洲駅の現況構造概念図を図-8 に示す。この駅は、改札階に上がる連絡階段において列車の発着に合わせてかなり大きな列車風が発生している。この風が今回の駅改良に伴う気流変化によって増幅することが懸念された。そこで、事前に現況構造駅に対して列車風速の測定、および列車風気流解析を行い、更に駅改良後（以下、将来構造と称す）の列車風気流解析の実施と評価を行った。検討フローを図-9 に示す。ここでは、この検討結果について報告する。

a) 現況構造駅に対する列車風検討

列車風の計測箇所を図-8 に示す。今回は 4 箇所について 30 分間の列車風測定を実施した。測定では超音波風向風速計を用い多点同時計測を行っており、列車の実ダイヤも記録している。測定で得られた最大風速を表-3 の実測値欄に示す。吹出しは大気解放に向う方向であり、吸込みは軌道に向う方向である。強風部位である連絡階段（測点 2）ではかなり強い風速が確認された。それに比べ、ホーム連絡階段（測点 4）や出入口（測点 1、測点 3）ではそれほど大きな風速は確認されなかった。強風が発生しているタイミングは、隣接する駅との駅間付近において列車が最高速度を出している時であった。なお、トンネル部はφ6700 の単線シールドトンネルである。本駅構造は、ホーム連絡階段や出入口が多数存在するの

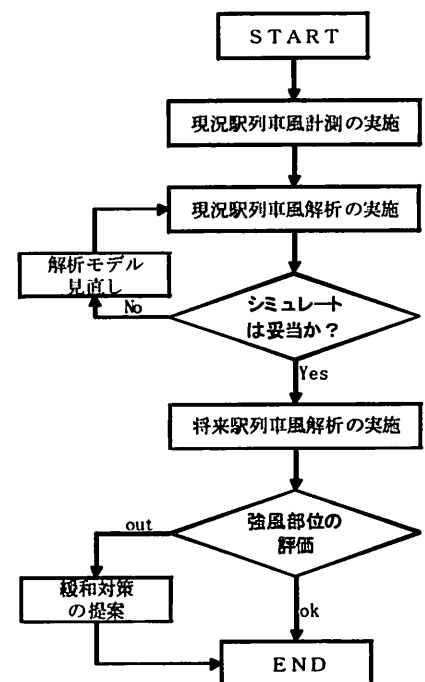


図-9 検討フロー

表-3 最大風速一覧

測点	風 向	最大風速(m/sec)	
		実測値	解析値
測点1	吹出し	3.6	2.9
	吸込み	-2.6	-3.3
測点2	吹出し	9.7	9.2
	吸込み	-8.4	-8.9
測点3	吹出し	3.5	3.3
	吸込み	-2.3	-2.5
測点4	吹出し	4.1	4.1
	吸込み	-2.6	-3.1
最大値	吹出し	—	10.0
	吸込み	—	-9.6

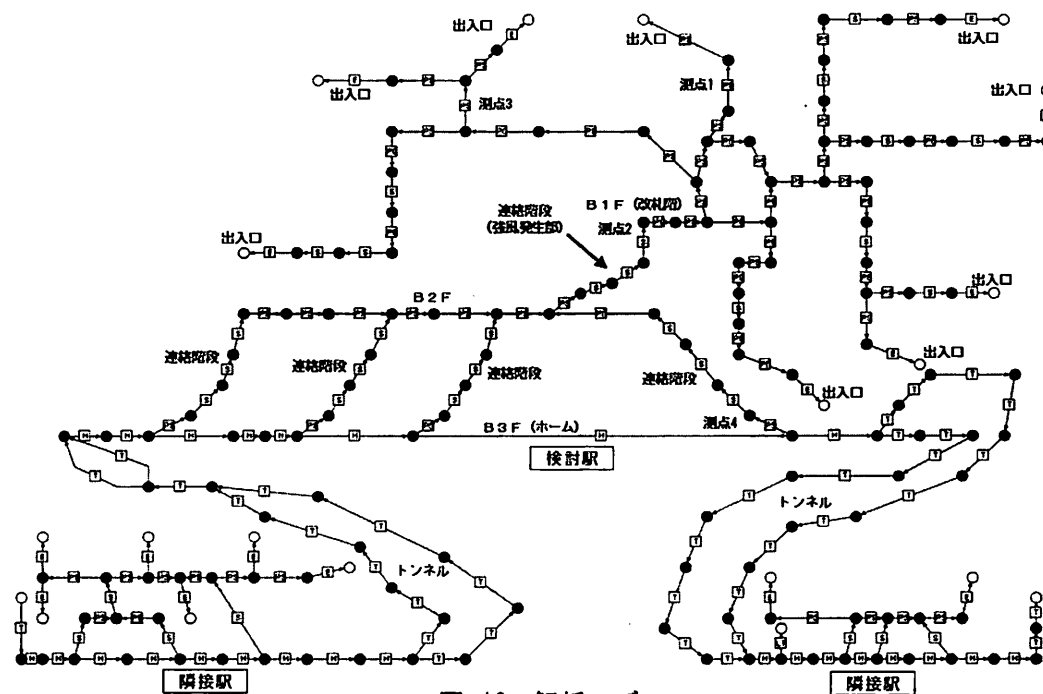


図-10 解析モデル

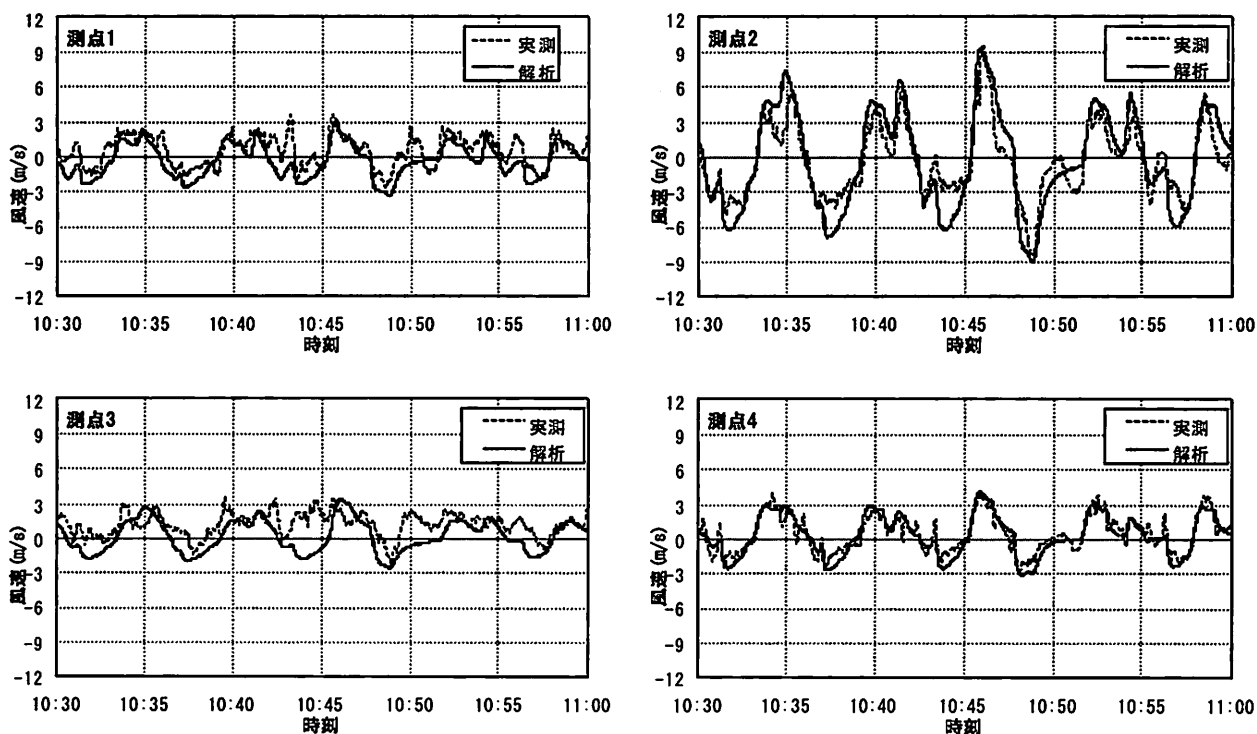


図-11 解析と実測の波形比較

対し、強風部位の連絡階段は1箇所のみとなっている。強風部位である連絡階段の断面積に比べ、ホーム連絡階段および出入口が多数あり断面積が大きいため、連絡階段がボトルネックとなること、強風が発生してしまう原因のひとつと推定された。

次に現況構造に対する列車風気流解析を示す。気流解析では、隣接する2駅も含めた3駅に対し、トンネル、ホーム、階段、通路、出入口などを管路網でモデル化して、所定ランカーブを設定し、列車風計測時にえられた実ダイヤで、列車を運行させ、列車走行に伴う気流変化を解析している。図-10に解析モデルを示す。解析理論など詳細については、本論文集の「車走行に伴い地下鉄駅構内で発生する列車風の予測

表-4 相関係数 r

測点	P01	P02	P03	P04
相関係数 r	0.80	0.93	0.60	0.92

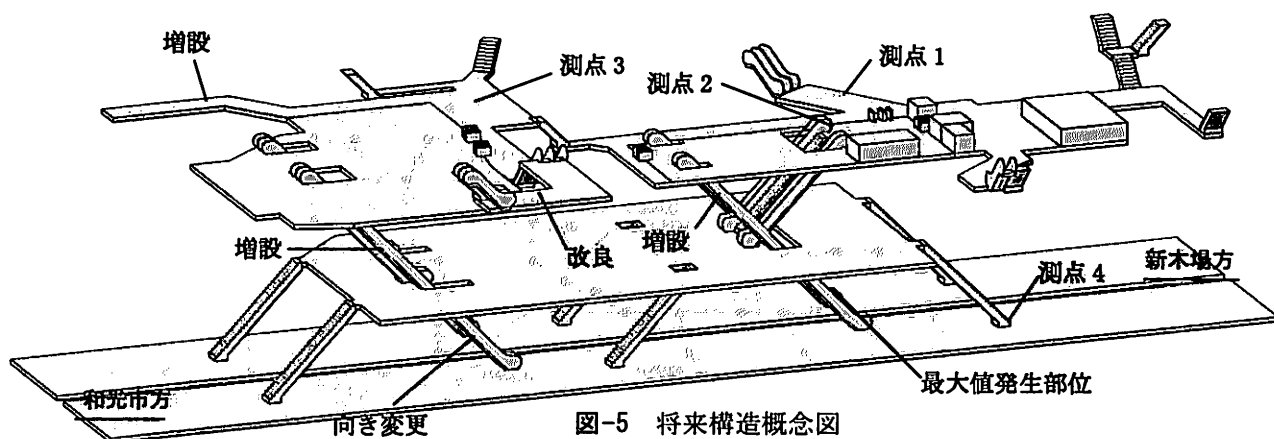


図-5 将来構造概念図

表-5 最大風速比較

項目	P01		P02		P03		P04		最大値	
	吹出し	吸込み	吹出し	吸込み	吹出し	吸込み	吹出し	吸込み	吹出し	吸込み
現況構造	2.9	-3.3	9.2	-8.9	3.3	-2.5	4.1	-3.1	10.0	-9.6
将来構造	3.0	-3.1	4.6	-4.8	5.9	-4.2	4.0	-2.9	6.5	-3.6

解析と緩和対策について」に記述しているので参照されたい。表-3 の解析値欄に解析結果を、また実測と比較した 30 分間解析の波形を図-11 に示す。実線が解析値、破線が実測値を示す。風速が小さく、列車風発生源である列車から遠い測点 1 や測点 3 では若干乖離があるものの、時刻歴の気流変化をかなり再現出来ている。データは、実測、解析とも 1 秒ピッチで処理しており、30 分間（1800 点）で両者の相関係数 r を求めた値を表-4 に示す。強風部位である測点 2 および列車に近い測点 4 ではかなりの相関が得られていることが分かる。

b) 将来構造駅に対する列車風検討

将来構造駅の概念図を図-12 に示す。主要改良部位は、改札階との連絡階段を新たに増設、またホーム連絡階段の位置や向きの変更、出入口の増設などである。この構造変更をモデル化し、列車風解析を実施し、気流の変化を再現した。その結果を表-5 に示す。

出入口である測点 1 や測点 3 ではあまり変化が確認されないが、強風部位の連絡階段は風速が 5 m/s 程度と非常に低減されていることが分かる。将来構造駅での強風部位は図-12 に示すように、駅改良に伴う気流変化により発生位置が変わったが、風速としてはかなり低減されていることが確認された。

c) まとめ

今回の駅改良では改札階連絡階段が増設されたため、現況構造で強風が発生していた連絡階段もかなり低減され、全体的に風速が同程度となり、列車風に関して非常に安定した構造になると判断した。つまり駅改良そのものが列車風に対する緩和対策となっていることが検証された。

3. おわりに

本稿では、豊洲駅の改良計画策定にあたって実施した主な検討の内容とその結果について紹介した。東京メトロではお客様により快適にご利用いただくために、本駅以外にも改良計画を進めており、同様の検討を行っている。本駅の改良工事は、改良計画の中でも特に大規模なもので、平成 23 年度の完成を目指し、工事に着手したところである。今後は一日も早い工事の完成を目指し、鋭意工事を進めていくところである。