

札幌ドームイベント終了時の歩行者シミュレーション

Pedestrians—Simulation around SAPPORO-DOME after events

札幌市建設局土木部 正員 西條 肇昌 (Tadamasa SAIJO)
 札幌市建設局土木部道路課 高宮 則夫 (Norio TAKAMIYA)
 札幌市建設局土木部道路課 ○正員 添田 伸一 (Shinichi SOEDA)
 佐藤泰久地域経済研究所 佐藤 泰久 (Yasuhisa SATO)

1. まえがき

札幌ドームは、2001年6月札幌市豊平区羊ヶ丘にオープンする収容人員約42,800人の全天候多目的スタジアムである。ここで4万人規模の大規模イベントが開催されるときには、半数の約2万人が地下鉄福住駅を利用すると想定している。

そこで、主要動線である札幌ドームと地下鉄福住駅を連絡する国道36号において「歩行者シミュレーション」を検討する。具体的には、大規模イベント終了と同時に、ドーム内の観客のうち、徒歩及び地下鉄・路線バス・自転車を利用する24,000人余は、一斉に国道36号の歩道を通り、ドームを離れることになるが、これらの歩行者の動向を、出口幅や園路幅の拡幅、歩道橋や滞留空間の設置、地下鉄の輸送能力の増強等により、どのような効果を及ぼすものか予測・評価するものである。

2. 今回の検討の基本的考え方

今回の歩行者シミュレーションでは、第一に、最後の観客が地下鉄に乗車するまでの「所要時間」、第二に、「滞留の波の数とその振幅」に着目した。

例えば、車で渋滞に巻き込まれ、何度も停止と発進を繰り返す場合、いつまで止まっているのか（振幅）、あと何回停止と発進を繰り返すのか（波の数）といったことが気になるだろう。たとえ、のろのろ状態でも前進し続け、目的地までの所要時間の予想がついた方が、いらせずに済むものである。

このような、基本的考え方にに基づき、大規模イベント終了後に、観客席から一斉に人が立ち上がり、ドーム出口から歩道橋や国道36号を経て、最後の観客が地下鉄に乗るまでの時間と、その間に歩行者が滞留する波の数と振幅を最小化するという視点で、「歩行者シミュレーション」を検討する。（ここで、ドーム内から地下鉄までの様々な「改善の可能性」を「パラメータ」として設定する。）

また、この「歩行者シミュレーション」を難解なソフトを駆使するのではなく、一般的な表計算ソフトであるロータス123を使用して、ドーム・道路・地下鉄駅をモデル化したうえで、人の動きと時間の経過をグラフに表し、歩行者の所要時間の変化や、滞留状況からパラメータの影響度合いを判断した。

3. モデルの概要

3.1 札幌ドーム周辺の歩行空間のモデル化

札幌ドームの観客席・通路・出入口、ドーム～地下鉄福住駅間、地下鉄福住駅構内を各平面図に基づき、幅員、

延長等の歩行空間及び信号、改札機等の処理能力について可能な限りモデル化した。

3.2 観客のモデル化

(1) 観客の利用交通手段

札幌ドームの最大収容人員42,800人のイベントが開催された場合、観客の利用交通手段は、『仮称「札幌ドーム」交通対策計画』より表-1のとおりとする。

交通手段	36号側	西出口	東出口	羊丘通側	合計
地下鉄	21,440	13,950	7,490	0	21,440
路線バス	1,420	410	1,010	0	1,420
シャトルバス	0	0	0	7,860	7,860
貸し切りバス	0	0	0	1,000	1,000
自家用車	0	0	0	7,780	7,780
タクシー	0	0	0	1,800	1,800
徒歩・二輪	1,060	590	470	440	1,500
合計	23,920	14,950	8,970	18,880	42,800

表-1 観客の交通手段と利用出入口

(2) 入場者は、ドーム内の客席に、上記交通手段と利用出口の分担率に従って、平均的に分布していると仮定する。したがって、すべての客席で、退場時に、55.9%の客は国道36号側を目指し、44.1%は羊ヶ丘通側を目指し移動する。

(3) 36号側の西出口と東出口の分担は、各出口とその外部の歩行／滞留空間の制約に依存すると仮定する。西出口の外部歩行空間はL型歩道橋に向けて十分あるので、西出口の制約は5mとする。東出口の幅も5mあるが、外部歩行空間が3mの園路しかないので、東出口の制約は3mとする。

したがって、西出口対東出口の比率は、5:3となり、全体での分担率は西出口=34.9%、東出口=21.0%となる。なお、東西の出口幅、園路幅は、シミュレーション時には、歩行者交通対策の実験パラメータである。

(4) (2)より、ライト側スタンドの客の55.9%がレフト側に向かい、レフト側スタンドの客の44.1%がライト側に向かう。これによる、歩行動線の混乱を避けるため、反対方向への移動は、原則として2Fコンコースを通過ことにする。退場は、退場方向の階段より、1Fに降り、1Fコンコース、エントランスホールを通過して出口に向かうものとする。

(5) 試合終了と同時に、客は一斉に退場し始め、退場経路の合流点では、混雑時には、2分の1ずつ通過する。

通過できない者は、滞留し始め、退場の初期では、通過できる者から、早い者勝ちで退場できる。ドーム全域で滞留が発生したら、出口の容量に相当する人数分だけ、(各客席から)等確率で退場できると仮定する。

(6) 客席からコンコース、エントランス・ホール、出口、園路、歩道橋、広場、歩道、地下鉄駅コンコース、地下鉄駅への移動は、先へ前進可能な限り、(後に客がいる限り)、前進可能な数だけ移動すると仮定する。

4. シミュレーション条件の考察と結果の要約

4.1 標準ケース

結果の比較対照の基準となる標準ケースを、以下のよう

- ①地下鉄車両編成は4両編成
- ②移動密度=1.20人/㎡
- ③移動速度=1.25m/秒(分速75m)
- ④滞留密度=1.30人/㎡
- ⑤国道36号側西出口幅=5.0m(規制幅員)
- ⑥国道36号側東出口幅=5.0m(規制幅員)
- ⑦羊ヶ丘側出口幅=15.0m
- ⑧ドーム前広場滞留の可否=滞留可(面積2,000㎡)
- ⑨国道36号北側歩道幅員=3.1m(有効幅員)
- ⑩国道36号南側歩道幅員=3.1m(有効幅員)
- ⑪L型歩道橋北方向幅員=2.0m(階段部)

4.2 移動速度の変化(移動密度の変化と同じ実験)

歩行者の移動容量は、移動速度×移動密度であるので、移動容量の変化の効果を見るために、ここでは、移動速度を変化させ、1.5m/秒(分速90m)を基本に20%変化することにした。(m当たりの移動容量は、1.5人/秒から1.8人/秒へ)

4.3 滞留密度の変化

標準ケースでも、滞留密度は移動密度より高く、1.30人/㎡に設定してあるが、渋滞時には滞留密度はさらに高くなる可能性もあり、滞留密度1.50人/㎡の場合も検討した。

4.4 出口幅の変化

(1)東出口幅=1.5m

東出口から園路を経て国道36号に出ても、北側へ横断できる歩道橋の幅員が1.5mしかないので、それに合わせて東出口の幅員を規制した場合の検証とする。

(2)東出口幅=3.0m

東出口につながる園路の幅員が3.0mなので、それに合わせて東出口の幅員を規制した場合の検証とする。

(3)西出口幅=6.0m

西出口につながる園路の幅員が6.0mなので、それに合わせて西出口の幅員を規制した場合の検証とする。

4.5 結果の要約表

- ①ドーム観客席
- ②ドーム国道36号側出口
- ③ドーム羊ヶ丘通側出口
- ④L型歩道橋広場
- ⑤北側歩道合流点
- ⑥南側歩道～福住駅
- ⑦北側歩道～福住駅
- ⑧福住駅通路
- ⑨福住駅ホーム

の9地点(区間)で、滞留(混雑)が解消するまでの各条件における所要時間(分)を表-2に示す。

	①				②	③	④	⑤
西出口幅(m)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
東出口幅(m)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	3.00	5.00
L型歩道北幅(m)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
36南歩道幅(m)	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10
36北歩道幅(m)	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10
移動密度(人/㎡)	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
滞留密度(人/㎡)	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.50	1.30	1.30
移動速度(m/秒)	1.25	1.25	1.25	1.25	1.50	1.25	1.25	1.25
地下鉄編成(両)	4	5	6	7	4	4	4	4
ドーム観客席 全員退場	29	28	28	28	26	27	29	30
ドーム36出口 滞留解消	48	45	43	42	43	46	48	47
ドーム羊出口 滞留解消	30	32	30	30	32	29	32	33
L歩道橋広場 滞留解消	58	53	49	46	55	58	58	59
北歩道合流点 滞留解消	62	57	52	49	58	63	62	58
南歩道福住駅 滞留解消	76	67	60	56	74	79	76	74
北歩道福住駅 滞留解消	80	70	65	61	77	83	81	78
福住駅通路 滞留解消	83	71	64	57	80	86	83	80
福住駅ホーム 滞留解消	87	74	66	63	84	90	87	84

表-2 結果の要約表・シミュレーション条件と滞留解消時間(単位:分)

①標準ケース、②移動速度の変化、③滞留密度の変化、
④出口幅の変化、⑤信号ありのケース

5. 歩行者交通対策案の事前評価

5.1 標準ケース(兼地下鉄車両編成の変化の効果)

標準ケースでL型歩道橋(北側へ2m幅)を整備した場合のシミュレーション結果をグラフ-1に示す。ここで、歩道橋～福住駅間の南北歩道上で9回滞留の波が発生することが観察され、福住駅の混雑が解消するのは、イベント終了から87分後のことである。この波と時間をいかに小さくするかがポイントである。

(評価尺度1) 所要時間効果:

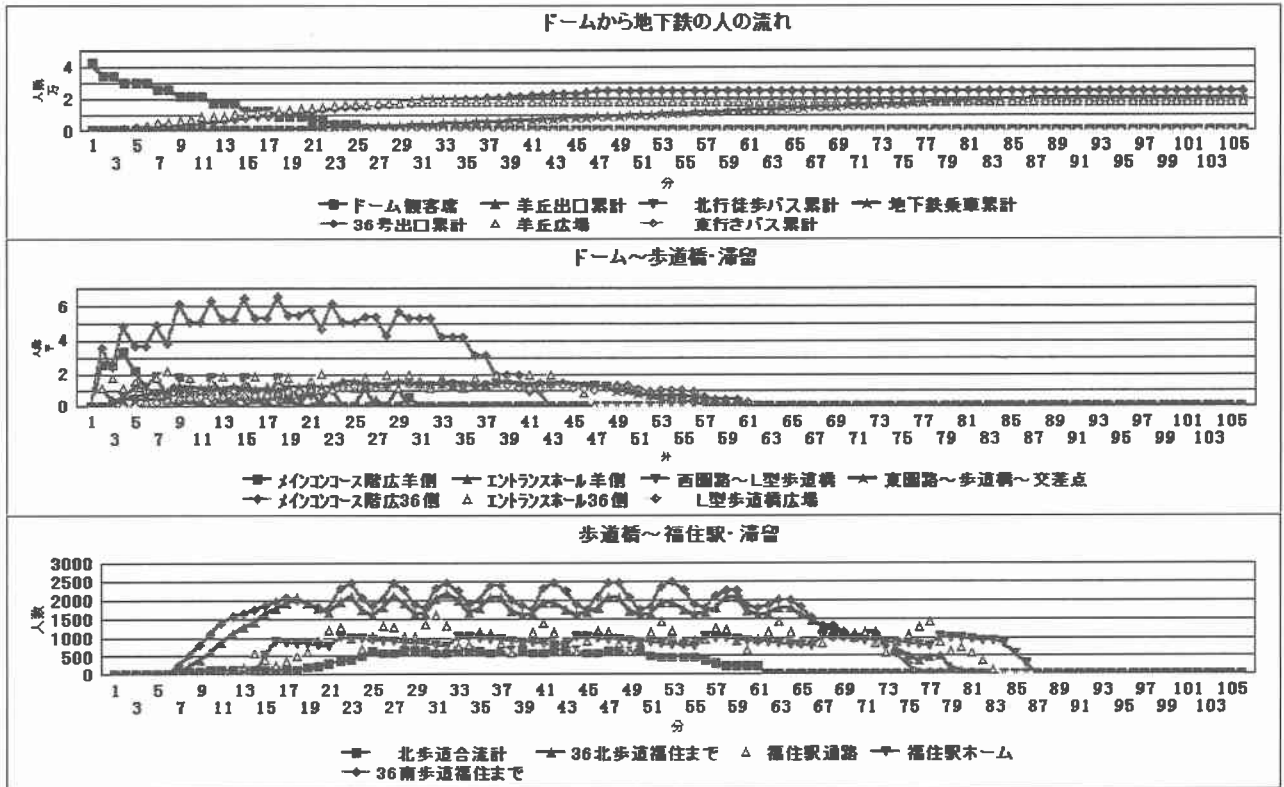
イベント終了から福住駅ホームでの滞留が解消されるまでの所要時間は、地下鉄4両編成の場合87分、5両編成で74分、6両編成で66分、7両編成で63分であり、4両から5両にすることで13分、5両から6両にすることで8分、6両から7両にすることで3分改善される。

(評価尺度2) 渋滞の波の数と振幅:

グラフ-1のうち歩道橋～福住駅・滞留における「36北歩道福住まで」と「36南歩道福住まで」の歩道上の渋

滞の回数と振幅に注目すると、地下鉄4両の場合、渋滞の波は9回で振幅も大きいことがわかる。しかし、5両編成にすると波は6回で振幅も小さくなり、さらに、6

両編成では波は2回に、7両編成では波はゼロとなり、スムーズに歩行者が流れることになる。



グラフー 1 シミュレーション結果

西出口：5.00m 東出口：5.00m 羊丘口：15.00m 北歩道幅：3.10m 南歩道幅：3.10m

L型歩道橋北方向横断幅：2.00m 移動密度：1.20人/㎡ 滞留密度：1.30人/㎡ 移動速度：1.25m/秒

(結論) 地下鉄編成：

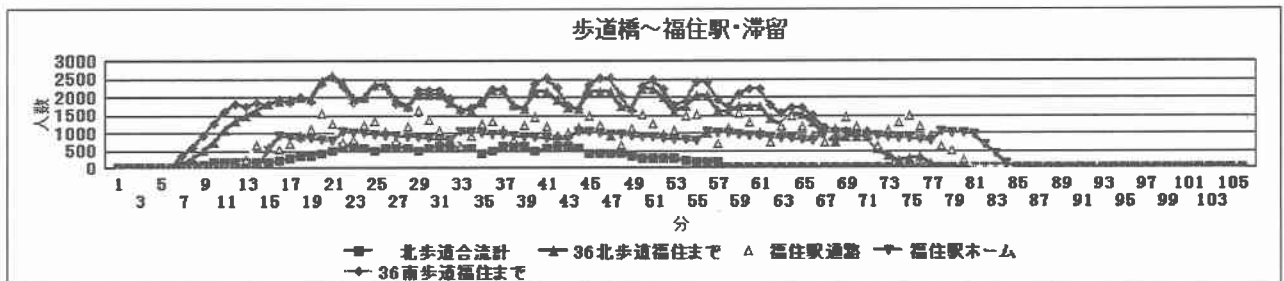
車両1両増結の効果を、時間尺度だけで評価すると、4両から5両への増結効果が最も大きく、これで十分かもしれない。しかし、歩道上での渋滞の波(停止と前進を繰り返す)による心理的いらいら感を考慮すると、地下鉄5両から6両への増結効果が最も大きく、波を4回も減らすので、地下鉄車両は6両編成にするのが、最適である。(地下鉄を7両にすると、渋滞の波はゼロになるが、所要時間の短縮効果はわずか3分で、その費用対効

果が小さいと言える。)

しかしながら、地下鉄編成を6両にすることは、効果的な対策ではあるが、札幌市の財政状況及び地下鉄運行上の問題が伴うため、現実的には難しく、将来的な課題と言える。

5.2 移動速度の変化(移動容量の変化検証)：

歩道橋～福住駅間の渋滞(滞留)の時間プロフィールは、グラフー2に示すとおりである。



グラフー 2 シミュレーション結果

西出口：5.00m 東出口：5.00m 羊丘口：15.00m 北歩道幅：3.10m 南歩道幅：3.10m

L型歩道橋北方向横断幅：2.00m 移動密度：1.20人/㎡ 滞留密度：1.30人/㎡ 移動速度：1.50m/秒

(評価尺度1) 所要時間効果：

歩行者の移動容量の変化による効果は、標準ケースに比べて、地下鉄4～7両編成のすべての場合で、滞留解

消所要時間が3～5分短縮されている。

(評価尺度2) 渋滞の波の数と振幅：

しかし、渋滞の波の数は増加しており、所要時間はわ

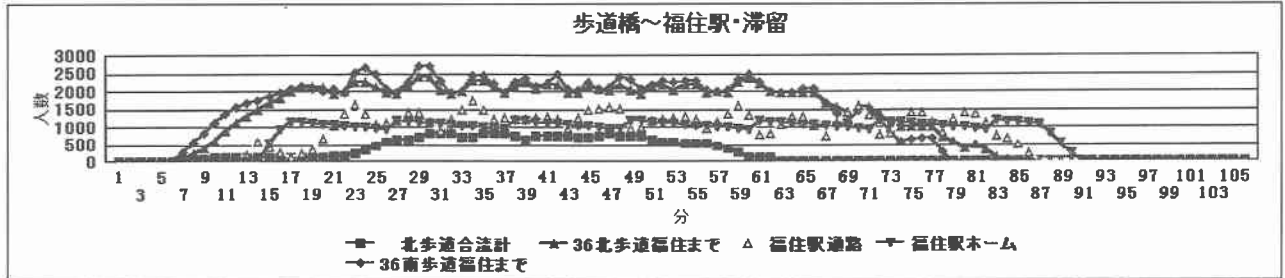
ずかに短縮されるとはいえ、観客の心理的いらいらは標準ケースより大きくなると考えられる。

(結論)

これは、地下鉄(駅・輸送能力)の制約が大きいことで、観客の移動容量だけを高めても、意味がないことになる。

5.3 滞留密度の変化

渋滞(滞留)の時間プロフィールは、グラフー3に示すとおりである。



グラフー3 シミュレーション結果

西出口：5.00m 東出口：5.00m 羊丘口：15.00m 北歩道幅：3.10m 南歩道幅：3.10m

L型歩道橋北方向横断幅：2.00m 移動密度：1.20人/㎡ 滞留密度：1.50人/㎡ 移動速度：1.25m/秒

5.4 出口幅の変化

(1)東出口幅=1.5m

(評価尺度1) 所要時間効果：

東出口の幅を既存歩道橋幅に合わせて狭くすると、22～11分、所要時間がかかってしまう。

(評価尺度2) 渋滞の波の数と振幅：

また、渋滞の波の数も増え振幅も大きい。これは、既存の歩道橋が、やがてボトル・ネックとなるからといって、国道36号歩道上であふれた観客が南歩道を福住駅に流れるのを恐れて、東出口を絞り、歩道で規制をかけるようなケースである。

(結論)

この場合、既存の歩道橋の手前の歩道上に滞留することができないため、ドーム内の観客の退場速度が遅くなり、ドーム内で渋滞が加速し、その結果、西出口や羊丘出口からの退場効率も低下してしまう。したがって、このような規制は、行うべきではない。

(2)東出口幅=3.0m

(評価尺度1) 所要時間効果：

(評価尺度2) 渋滞の波の数と振幅：

東出口につながる園路の幅員が3.0mであり、それに合わせて東出口の幅員を規制すると、標準ケースとほとんど差がない。時間がややかかり、波の振幅がやや大きくなる程度である。

(結論)

これも、(1)のケースと同様に、ドーム内部で渋滞がひどくなり、全体の退場効率がやや低下するためである。

園路が3mしかないからといって、わざわざ東出口の幅を狭くする必要はなく、園路で滞留させたほうが良い。

(3)西出口幅=6.0m

(評価尺度1) 所要時間効果：

滞留密度(立ち止まっているときの密度)を高めると、ドーム内部の滞留は1～2分早く解消されるが、歩道から地下鉄駅の滞留は1～3分余計に長引くことになる。

(評価尺度2) 渋滞の波の数と振幅：

渋滞の波は、数はあまり変わらず、振幅はやや小さくなる。

(結論)

評価尺度1ではマイナス、評価尺度2ではややプラスということで、滞留条件の改善は別な要素に支配される。

(評価尺度1) 所要時間効果：

(評価尺度2) 渋滞の波の数と振幅：

西出口につながる園路の幅員が6.0mであり、それに合わせて西出口の幅員を規制すると、交差点からドーム側での時間短縮効果が大きい、全体としての時間短縮効果は、ほとんどない。また、歩道上での渋滞の波の数と振幅も変わらない。

(結論)

要するに、ドーム内の退出を早め、出口付近の園路・L型歩道橋付近の滞留を増やしているだけである。

西出口幅を広げることは、全体的には影響しない。

5.5 信号有りのケース

前記の検討は、L型歩道橋から福住駅までの間にある信号交差点2箇所の信号を全て青にする、言い換えると取り付け道路の交通規制を実施するという仮定に基づいた結果である。そこで、交通規制を実施しないで通常の信号現示に従った場合には、信号待ちによる駅への流入が減少するため、地下鉄の処理能力にゆとりが生まれる分、標準ケースよりも2～3分所要時間が短縮されることになる。

6. あとがき

以上のことから、当シミュレーションにおいて、地下鉄輸送能力の増強が、最も有効な対策と言えるが、現状においては難しいため、ドームオープン後には、国道36号の歩行空間整備、L型歩道橋や広場の整備結果を踏まえ、さらに当シミュレーションにおける各項目のチェックを進めていく必要があると考えている。

参考文献

1)札幌市：仮称「札幌ドーム」交通対策計画、1999