

「動く歩道」オートラインの都市交通機関への応用

Application of Autoline (Moving Walk) to the Urban Transportation

In an attempt to find a solution for the problems of traffic congestion plaguing every major city of the world today, researches are being conducted in earnest for the use of a moving walk, which has been used only for some specific purposes, as a sophisticated facility of transportation in urban areas.

This article describes the function and characteristics of the Autoline, a moving walk developed by Hitachi, as well as some considerations to be given in its application.

中尾彰一* *Shōichi Nakao*

城戸忠夫* *Tadao Kido*

1 緒 言

近年、科学技術、経済の発展に伴い都市の拡大と発展はきわめてめざましく、都市への人口流入、集中はますます激化しつつある。しかし、人間生活や経済活動に適した機能の高い都市の実現は、高層ビルディング、大形店舗ビルディングの建設、市街地の整備のみだけでなく、広大な市内の建物や市街地を一つに結びつけるもの、すなわち、人が市内のどのような場所へも、容易かつすみやかに行けるような交通機関の存在が必要とされる。最近の大都市中心部は、商業、経済、政治活動の場となり、ここに働く人々の住宅地は、遠く郊外へと大きく拡大し続けている。したがって、郊外から都心部まで、また市内の交通機関として、高架鉄道、地下鉄の敷設、自動車専用道路の建設およびバス輸送網の整備が次々に行なわれているが、これら各種の交通機関はそのターミナル駅で結びつき、乗客が容易に乗り換えでき目的地へ行けなければ、都市の交通機能は高められない。しかし、現在残されたわずかの空間に次々と交通機関を建設するため、乗換駅の間はしだいに遠く離れ、この駅間の連絡路も十分な余地がなくなって、朝夕のラッシュ時には通路は乗降客で満員となり、人の流れはすこぶる悪くなっている。また、地上の道路も歩行者であふれるなど、これらの混雑がバスなどの地上交通機関の渋滞をいっそう助長している。最近建設される都市内の高架鉄道や地下鉄は、地上からの揚程がきわめて大きくなるので、これらの駅と地上との連絡のために、高揚程エスカレータの設置が不可欠となっており、これが人の流れの整理に大きな役目を果たしているが、地上平面の人の流れをさばき混雑を解消することも、都市交通機能向上のためこれから真剣に検討されねばならない問題である。この問題に対して、最も安全かつ大量輸送ができる設備として、「動く歩道」を第一に取りあげることができる。「動く歩道」は欧米ではかなり以前から空港、ショッピングセンターなどで利用されており、わが国でも昭和45年に開催された万国博覧会で大規模に使用され、その大きな機能が認められてより以後、ようやく空港や鉄道の駅で輸送設備としてわずかずつ導入されてきた。しかし、「動く歩道」を本格的な都市交通機関として利用することについては、従来いくつかの一般的検討報告が出されて

おり^{(1)~(3)}、具体的な設置場所について検討されたこともあるが、まだ実施された例はないといってよい。日立製作所はすでに昭和44年に安全性と信頼性の高い「動く歩道」として、パレット式の日立CS形オートラインを開発し⁽⁴⁾、万国博覧会会場や空港に納入してきたが、前述のような交通問題解決のために「動く歩道」導入の気運が高まったこの時期に、本格的な都市交通問題解決に積極的に寄与できるオートラインを提供することが、われわれの責務と考える。本稿では、都市交通用オートラインの使用分野とその効果および所要性能を検討し、あわせてオートラインの導入計画についても言及する。

2 オートラインの使用例と効果

2.1 オートラインの使用分野

輸送機関の種類は非常に多くのものがあるが、それぞれ、速度、輸送能力、輸送距離などの特長を生かすように使用されている。図1は輸送距離と輸送能力による、各種輸送機関の大略の分野を示すものであるが、都市交通としては一般に100km以下の距離が対象となり、郊外から都市内への長距離は鉄道、都市内の中距離大量輸送は地下鉄、高架鉄道、短距離はバス、乗用車が使用される。また最近では、市内交通混雑緩和の一つとして、市内のバスや乗用車の乗入れを禁止し、これに代わりコンピュータの管理により大量の人を迅速かつ効率よく輸送する新しい交通システムも研究されており、アメリカでは試験的な実用が始まっている。しかしながら、これらの交通機関がすべて整理されても、人はこれらの交通機関の間の乗換えや、目的地近くの駅で降車してから目的地までは、どうしても徒歩によらなければならない。この歩行のためのわずかな距離（一般にそれは数十～数百メートル）の輸送が最後まで残る問題である。前述したように歩行者のためのスペースは、他の交通機関やビルディングの建設に押されて条件が悪く混雑し、重い荷物を持った人、老人、身障者などには、長い歩行は苦痛であると同時に危険でもある。このような場所にだれでも容易に乗降できるオートラインを導入することは、単に混雑の解消のみならず人間性尊重のためにも絶対に必要である。

* 日立製作所水戸工場

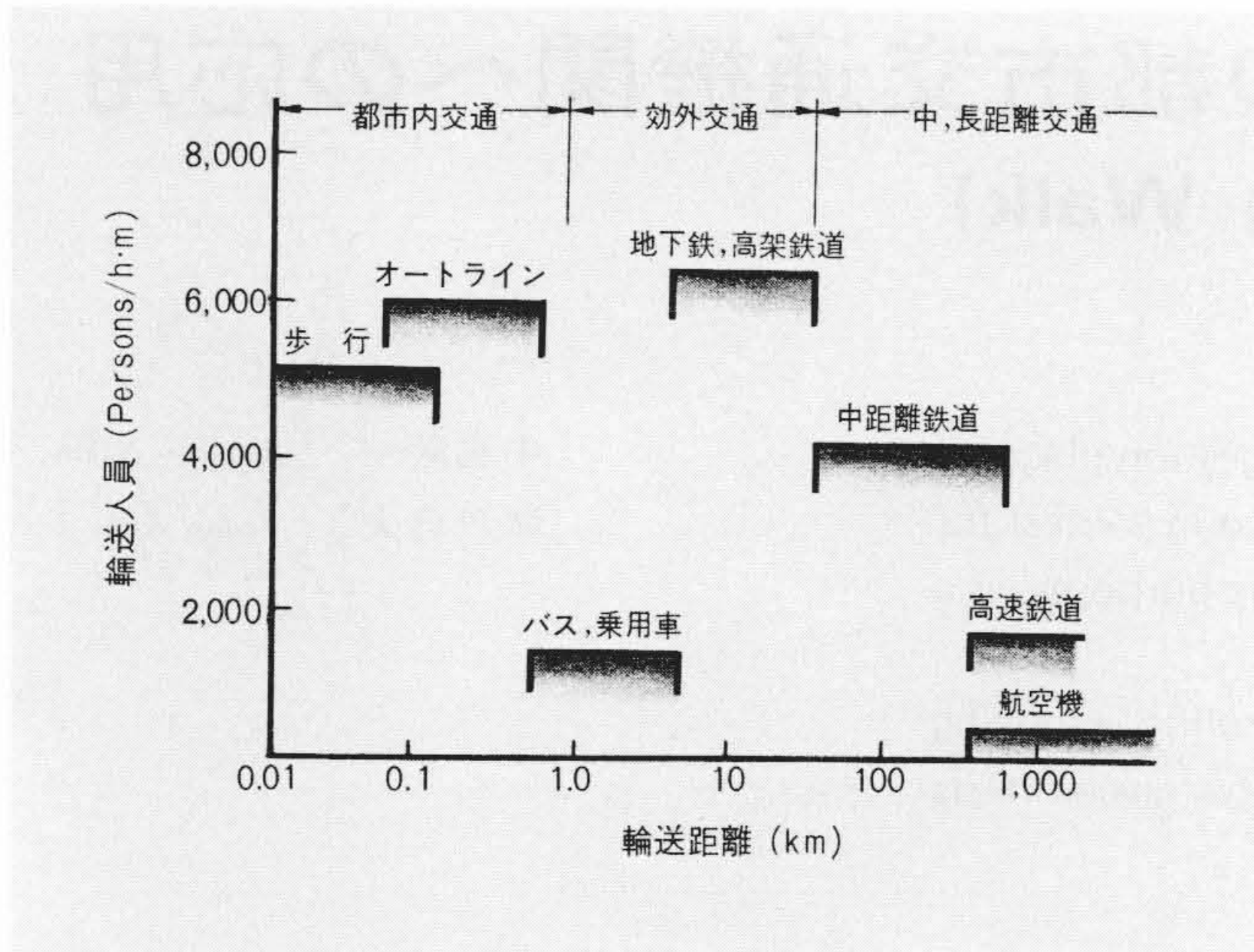


図1 各種交通機関の適用範囲 人員の輸送機関は輸送距離、輸送能力によってその適用範囲がおおよそ決まっている。

Fig. 1 Application of Traffic Facilities

2.2 オートラインの輸送能力

狭い通路で混雑した歩行者の流れが、オートラインの設置によりどのように整理されるか検討してみる。

都市交通用オートラインの占める幅は、本体幅約1.7m、踏み面幅は約1mで成人2人が立てる程度であり、その輸送能力は図2に示すとおりである。すなわち、計算上では輸送能力は速度に比例して増すが、実測では点線で示すように速度が30m/min以上では、乗客の乗り込み速度が運転速度に追従しなくなって計算値より少なくなる。しかし高速になるほど輸送能力は増すので、60m/min以上にはすべきである。また、乗客が踏み面上を歩けばいっそう輸送能力、輸送速度を上げることができる。図3に示すように人が歩行する場合混雑が増すほど全体の歩行速度は遅くなって、4人/m²以上の混雑ではその流れは20m/min以下となり、オートラインと同じ1.7mの幅では約8,500人/h以下の輸送となる。また、逆方向の流れが衝突し合うとさらに低下するが、オートラインでは一定の速度で流れ、その輸送量も12,000人/h以上であるのでその効果の大きいことがわかる。

オートラインはエスカレータと違い平らな面への乗降であるから、エスカレータより高速で運転することができる。法規上でのオートラインの運転速度は、50m/minとしている例もあるが^⑤明確な規定はない。しかし、本格的な都市交通機関として使用する場合は60m/minとすべきである。特にラッシュ時の通勤客を整理するような場合は、輸送力の増強と、先を急いでいる通勤客をできるだけ速く輸送するため、90m/min程度の速度が望ましい。この程度の速度は、通勤客には十分安全であることは実験により確認されている。以上のように、狭い通路の歩行者の混雑が、オートラインの導入によりすみやかに整理されることがわかる。

2.3 オートラインの使用例

以上検討したことから、現在の都市内でオートラインが必要とする場所を具体的にあげ検討してみる。

(1) 市内の二つ以上の鉄道またはバスターミナル駅との間の乗換連絡路

図4は二つの鉄道の駅の乗換連絡路に設置した例で、ラッシュ時でも往復の人が交錯せず、スムーズな流れとなる。

(2) 大形事務所ビルディングと駅との間の連絡路

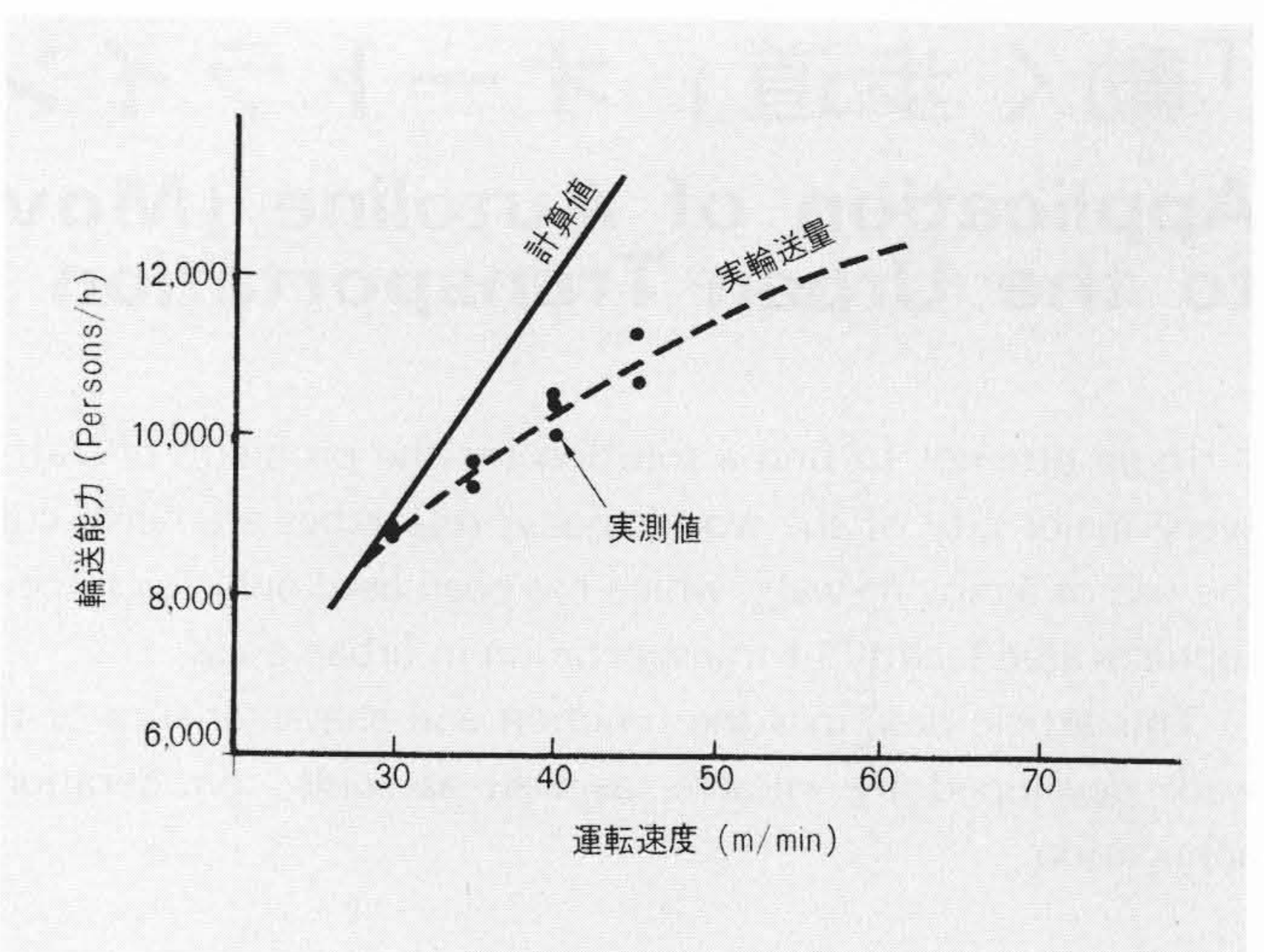


図2 オートラインの輸送能力 オートラインは水平踏み面であるので乗りやすいが、30m/min以上では計算値より実測値が小さくなる。

Fig. 2 Transport Capacity of Autoline

図5は高架鉄道の駅の地下とビルディング群との間の地下連絡路に設置した例で、地上道路の交通を妨げない。またこれは高架鉄道と地下鉄の乗換連絡路でもある。

(3) 空港ビルと搭(とう)乗口の間の長い連絡路

図6は千歳空港の拡張により新設された搭乗口と空港ビルとの間の連絡路に設置した例である。一般に飛行機の乗客は重い手荷物を持っており、連絡路も長いので、サービス機関としてもオートラインは絶対に必要である。

(4) 道路をへだてて同じ目的のビルが建っている場合の、ビルとビルとの間の連絡路

図7は大形百貨店内2階中央に吹抜けがあって、売場が二つに離された形であり、反対側へはう回ししなければならな

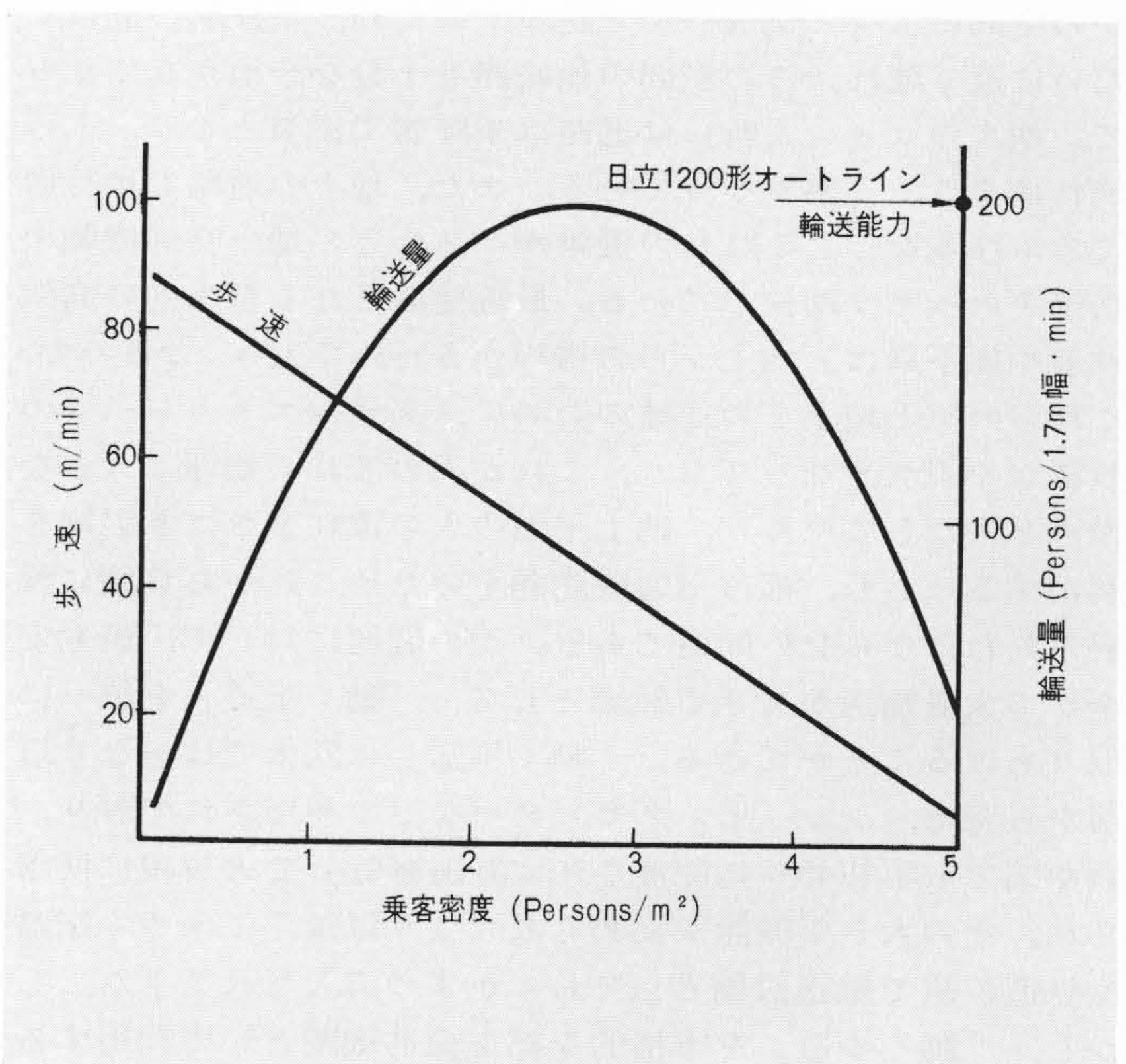


図3 オートラインと歩行者の輸送量比較 4~5人/m²以上の混雑では歩行者の流れは悪くなるが、オートラインでは大きな輸送量が確保できる。

Fig. 3 Comparison of Transport Capacity between Autoline and Sidewalk

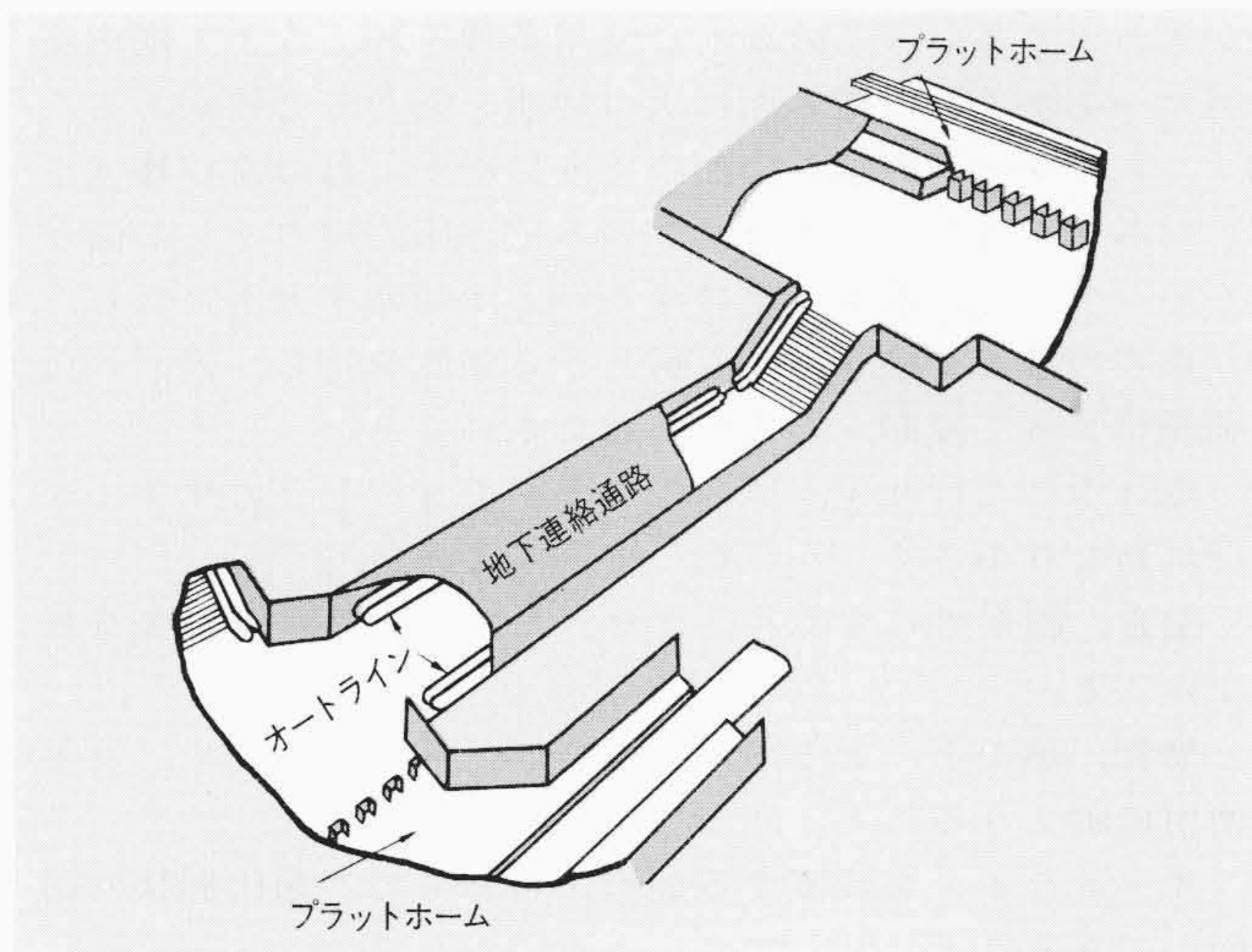


図4 鉄道の駅の乗換連絡路にオートラインを導入した例 二つの駅間の地下連絡路にオートラインを設置している。

Fig. 4 Application of Autoline between Two Stations

ったのを、この吹抜け部にオートラインを設置して、売場を一つに結んでその機能を高めた例である。このように道路その他で一つのビルが二つに切り離された例は多いが、オートラインの利用により一つのビルとしての機能を持たせられる。

(5) 幅の広い幹線道路の横断地下道

これは図2および図3と同様な設置になるが、地上の横断がなくなるので幹線道路の交通渋滞を緩和できる。

(6) 駅構内のプラットフォームと改札口が遠く離れているときの、長い連絡路

これは図2と同様な設置となるが、複雑に発展してきた都市交通機関ではこのような例が多く、ラッシュ時の混雑解消には大きな効果がある。

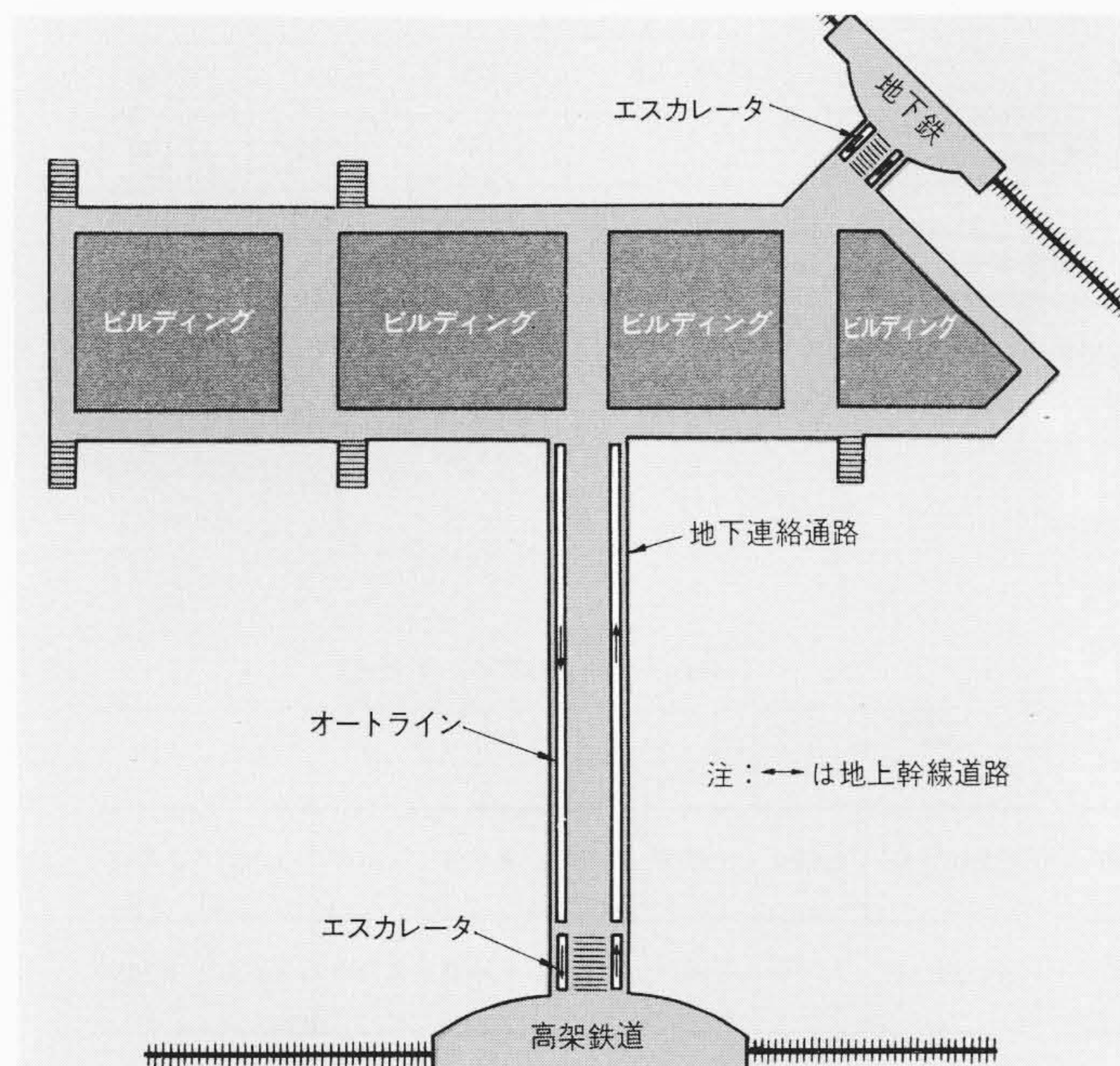


図5 鉄道の駅とビルディング間の連絡にオートラインを導入した例 オートラインを地下に設置し鉄道の駅とビルディング間を結んでいる。

Fig. 5 Application of Autoline between Railroad Station and Office Building

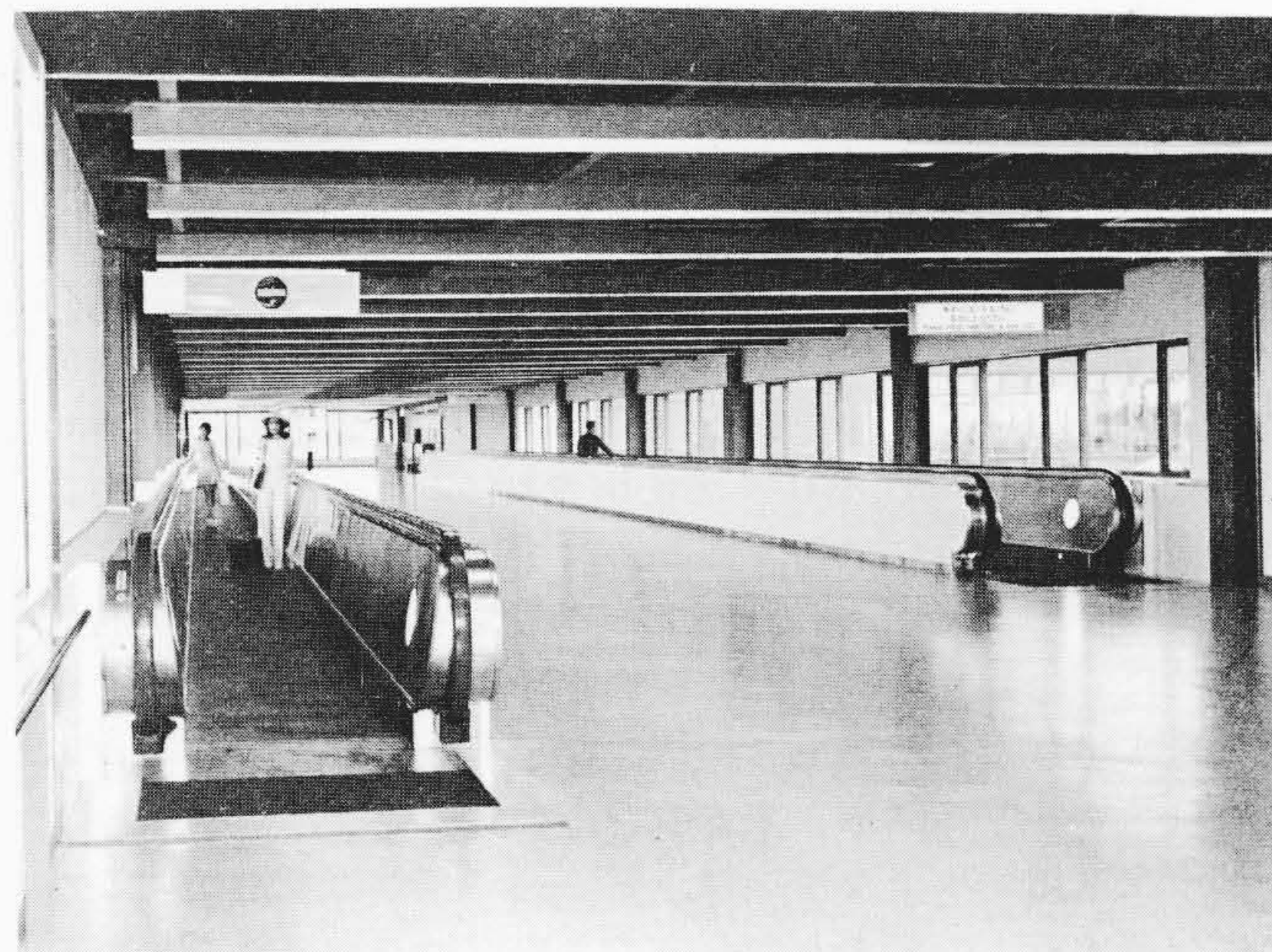


図6 空港の連絡路にオートラインを導入した例 搭乗口と空港ビルの長い連絡路にオートラインを配置し、往復のオートラインを両端にして中央に通路を設けている。

Fig. 6 Application of Autoline to Air Port



図7 百貨店への応用(東急百貨店日本橋店納め、日立1200CSG-NN形(全透明形)オートライン) 従来、隔離していた売場への連絡路としてオートラインを導入し、スムーズな顧客誘導を可能とした。

Fig. 7 Application of Autoline to Department Store (Hitachi Type 1200CSG-NN)

(7) 乗客が乳母(うば)車、手押し車などを持って階床間を往復する場合の階床間の連絡路

これは本来の都市交通機関からはやや離れるが、たとえば、大形店舗では現在はエスカレータが主体であるが、一度に大量の買物をする客が多くなり買物用カートを利用する場合、エスカレータで昇降することはきわめて危険である。しかし、緩傾斜のオートラインであれば容易に昇降ができる。

以上の例は現在および将来の重要な交通機関、またはわれわれの生活と密接な関係のある場所ばかりであり、このようなオートラインの用途は大都市のみならず、中小都市でもその発展とともに必要性が高まるものと考えられる。したがって都市計画の中には、オートラインの適用を考慮しておく必要がある。

3 都市交通用オートラインの所要性能

都市交通用オートラインの利用者は、不特定多数の大衆(乗客)であり、これに使用するオートラインは、これらすべて

の乗客に適したものでなければならない。また、その設置条件、環境もさまざまのため、これに適した構造で長年の使用に耐えうるものでなければならない。以下、都市交通用オートラインの所要性能について検討する。

3.1 形式および寸法

大量輸送を目的とする都市交通用オートラインは、踏み面に成人2人が立てる幅が必要であり、一般に、欄干幅1,200mm（踏み面幅1,000mm）のものが使用される。この場合、乗客は踏み面の片側半分に立ち、残りの半分は踏み面を歩く乗客のスペースとする使用法も可能である。欄干には最も実用的で強度的にも信頼性の高いパネル形を使用し、このパネルを耐食性にすぐれたステンレス鋼板、欄干デッキをアルミニウムまたはステンレス鋼板とするのがよい。

都市交通用オートラインは、狭い通路の混雑を解消するために設置するものであるから、できるだけ外形寸法を小さくし、軽量でなければならない。特に地下道では、寸法が大きいとそれだけ余分の穴を掘削しなければならず、経済的にも問題となる。図8は、日立1200CS形オートラインの標準寸法を示すものである。

3.2 踏み面

オートラインの踏み面は平らな長い帯状であり、エスカレータに比べて乗降しやすいが、すべての乗客を安全に輸送しなければならない。一方、都市交通用オートラインでは、乱暴な乗込みや踏み面で跳躍する乗客があるほか、重い荷物を投げ降ろしたり、踏み面にたばこの吸い殻などを捨てる乗

客がきわめて多い。このような使用条件を考えると、都市交通用オートラインの踏み面は次の性能を備える必要がある。

- (1) エスカレータの踏み段面のように細かい目の深い棧（さん）とみぞを持ち、乗降口でこのみぞと床の端のくしの歯が深くかみ合って、乗客の足のすくい上げ効果が大きいこと。
- (2) 乗客の乱暴な乗り方にも耐えうる強度を持ち、表面の棧が荷重によって変形、くずれを起こさぬこと。
- (3) 走行中にだ行せず、側面のスカートガードとのすきまが全長にわたり小さく、かつ均一であること。
- (4) 耐食、耐候性にすぐれ、また、たばこの火が落ちて燃えないこと。
- (5) 摩耗、熱などによる踏み面の変形、伸縮が小さく、長年の使用に耐えうること。
- (6) オートラインを設置する地形に合わせて、起伏形状の踏み面もできること。
- (7) 振動、騒音が小さく、なめらかな乗りごちが得られること。

以上の性能を持つ踏み面としては、エスカレータと同様に金属製の細かい棧とみぞを持つ踏み板を、高精度のチェーンで連結し、ゴムローラで支持して走行する構造、すなわちパレット式が適している。

3.3 長さと動力

都市交通用オートラインは、一日中連続運転するものであるから、所要動力はできるだけ小さいことが望ましい。一般に、ローラで走行するパレット式の所要動力は、ベルトしゅ

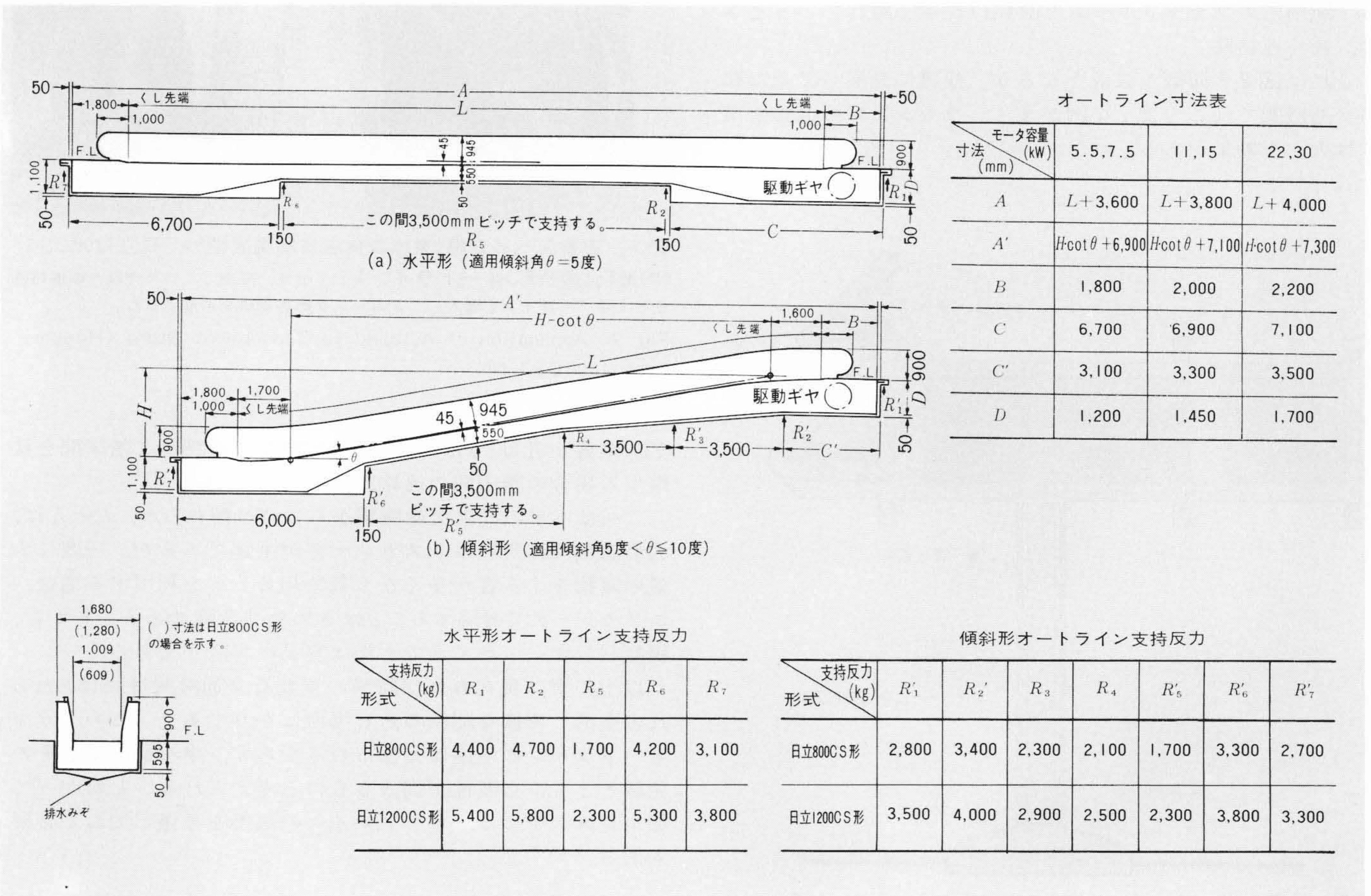


図8 オートライン据付寸法図 水平形(a)および傾斜形(b)各オートラインの据付寸法、支持反力を示す。

Fig. 8 Standard Dimensions of Hitachi Type CS Autoline

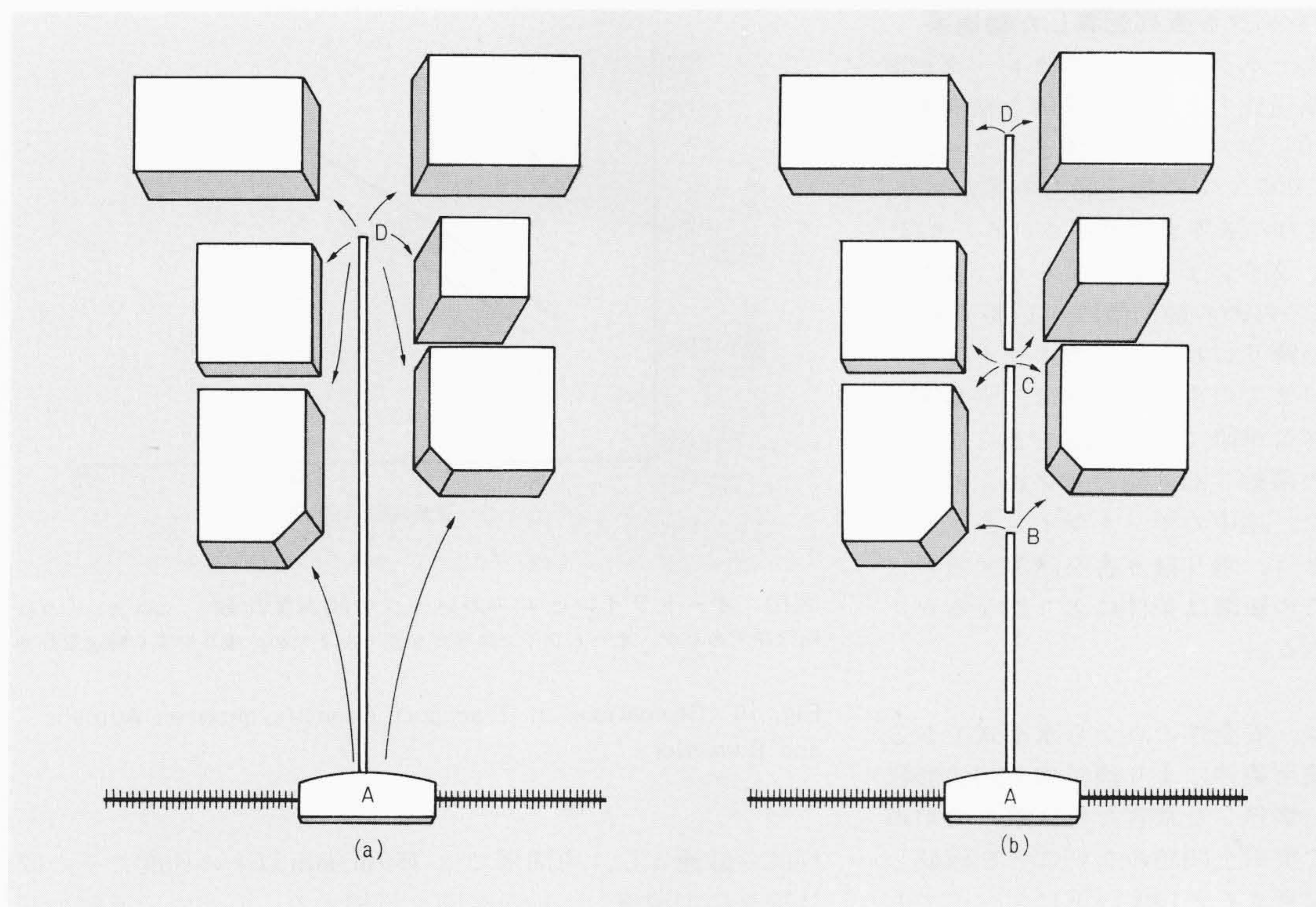


図9 オートラインの機能的な長さや配置例

長いオートライン1台よりも、乗客の流出入する節点で切ったほうが機能が高められる。

Fig.9 Effective Length and Application of Auto-line

う動式に比べ75%程度の動力である。水平式オートラインの場合は、走行抵抗も小さいので駆動機械が端部に1台あるだけのものでも、長さが400m程度まで実用できるので、都市内の連絡路には十分である。しかし将来のオートラインの用途を考えると、これ以上の長さのものも経済的に実用できるものがない。われわれは、端部以外に中間部にも駆動装置を配して駆動力を分散し、複数、小容量の駆動装置で1,000m程度の長行程オートラインを駆動することを可能にしている(特許出願中)。

3.4 屋外設置

都市交通用オートラインは屋外設置、またはそれに近い条件となることがある。地下道に設置するときでも、雨天にはぬれたはきものに雨具を持った多数の乗客が乗り込むから、踏み板およびフレーム内には大量の水の散布のほか、塵芥(じんかい)、汚泥(でい)、風その他異物の侵入も多い。これらに対して機器が十分保護されて長寿命であることと、都市交通機関の使用条件から安全性が高くなければならない。われわれは踏み板の軸受部のシール、チェーンへの自動給油による安全性向上についての技術を確認しており、都市交通用オートラインの需要に十分対応できる。

一方、屋外設置では外気温の変化が大きく、長行程オートライン本体はこれによって伸縮する。また、ビルとビルをつなぐような使用条件では当然ビルディング間の変位がある。したがって、オートラインのフレームはその変位に影響されないように、支持点がすべて逃げられる構造とする必要がある。

4 オートラインの導入計画

オートラインの導入による新しい都市交通システムは、前述のような効率の良い歩行者輸送を可能にし、道路上のバス、乗用車など、既存交通機関の効率を高める副次的効果も期待できる。次にオートラインを導入する計画時点において、留意すべき点を検討してみる。

4.1 設置台数

都市交通用オートラインは、大量かつ迅速な輸送を目的とするから、踏み板上で歩行による追越しが可能な日立1200形オートラインを使用すべきであり、その輸送能力は図7に示すとおりである。通勤客の輸送を目的とするときは、ラッシュ時の乗客数を算定して設置台数を決めなければならない。たとえば、ラッシュ時の30分間に20,000人の乗客があるとするれば、速度60m/minの日立1200形オートラインを2台設置すればよい。ラッシュ時の乗客の流れが同一方向に限定できる場合は、設置台数は2台のみとして2台とも同一方向に運転し、ラッシュ時を過ぎれば1台を逆方向に運転して、往復サービスする方式をとることができる。また、ラッシュ時の乗客は一般に急いでいるから、乗り慣れた乗客のために1台を90m/minで運転すれば、いっそう輸送機能が高くなる。

4.2 配置および補助通路

オートラインはその乗降口が、人の流出入の節点と一致するように配置することが必要である。たとえば、図9(a)のように、A点からD点まで長いオートラインを設置するよりは、図9(b)のように、B、C点で乗降口を設けるほうが輸送機能は高められる。これを長さや乗客の心理的な面から検討すると、乗客が立ったまま乗っている時間は2～4分と考えられるので、60m/minの速度のオートラインならば200m程度となり、管理の点でもこの程度の長さが適当である。また、図4～7のような現在の都市交通の中に組み込む場合にも200mあれば十分である。次にオートラインには、その横に補助通路を設けなければならない。これは通常の運転では必要としないが、保守時や緊急事態でオートラインが停止しているときの歩行者通路となり、またラッシュ時に乗客数が輸送能力を越えるほどに増加したときの補助として必要である。通常、オートラインは往復の2台を並設するが、この2台は図4～6の例のように、両端に設置して中央を通路にするのが良い。このようにすれば乗降口で往復の乗客が衝突することがない。

4.3 オートラインとエスカレータを直列配置した輸送系

図2に示した例のようにオートラインとエスカレータを直列配置したときは、両者の輸送能力と乗継ぎ間隔を検討する必要がある。すなわち、図10に示すように、オートラインとエスカレータでは実用上約1,000人/hの輸送能力の差があり、オートラインの輸送人員が能力の限界まで使用されるときは、エスカレータの台数をオートラインより多くするか、またはエスカレータに乗れない乗客のための補助階段が必要である。また、1台のオートラインの降り口から、次のオートラインまたはエスカレータの乗り口までの乗継ぎ間隔は、平常運転時に乗客が安全かつスムーズに乗降できる距離をとらなければならない。特に、これらの乗継ぎ部は他の連絡路との節点で乗客の流出入があり、また、途中のオートラインやエスカレータが事故で停止したときは、乗り継ぎ客を誘導するのに十分な距離が必要である。この距離は条件により異なるが、一般には最低10mは必要である。

4.4 傾斜角度

都市交通用オートラインは、安全性の点から水平式であることが望ましいが、地形や使用条件により傾斜式や起伏形状も必要となる。われわれは、慣熟した乗客ならば踏み面がぬれていても、傾斜角15度まで実用上問題のないことを確認しているが、一般大衆を対象に考えると10度以下にすべきであると考え。特に、100m以上の長行程のものや、乗客が乳母車とともに乗る場合には、5度以下の緩傾斜でないと不安定な状態となるのでそのような場所に設置するときには注意せねばならない。

4.5 安全管理

都市交通用オートラインの乗客は、不特定多数の大衆であるから乗降に不慣れな客も多く、また、乱暴な乗り方や大きな荷物を踏み面上に投げ降ろしたり、子どものいたずらや遊びなどの危険行為がある。これらに対しては、管理者による乗客への直接注意や放送による間接注意、または立て看板などによる乗り方の広報指示などの配慮が必要である。また、オートラインと建物との間のすきまには侵入防止の柵(さく)を設置するとか、すきまから下階へ物を投げ落とさないように、防護網を張る必要がある。一方、踏み板面から天井までの高さは一般には2,100mm以上あればよいが⁽⁶⁾、都市交通ではスキーなどの長尺荷物を持ち込む乗客もあるので、2,500mm以上とすることが望ましい。その他、建物からの突起物や身を乗り出した乗客が建物に衝突することがないように配慮が必要である。

都市交通用オートラインは、終日安全に運転しなければならないから、常時運転状況を監視すべきであり、何台ものオートラインを一個所で監視できる中央監視方式が有効である。これには運転、停止のランプ表示や警報ベルのほか、テレビジョンによる監視設備を備えれば、より効果的に運転状況を確認できる。

5 オートラインの将来の展望

激化する都市交通問題の解決に、オートラインをどのように利用するかを述べたが、従来の交通機関では不適当な、数百メートル程度までの輸送機関を組み込んだ将来の都市交通を考えると、オートラインシステムは交通事故や公害のない、理想的な交通機関としてクローズアップされる。現在のオートラインの問題点は、速度が遅く長行程の場合に輸送時間が長くなるという点があげられるが、これについてはかなり以前から欧米で研究されており、実際に、乗降部は40m/min

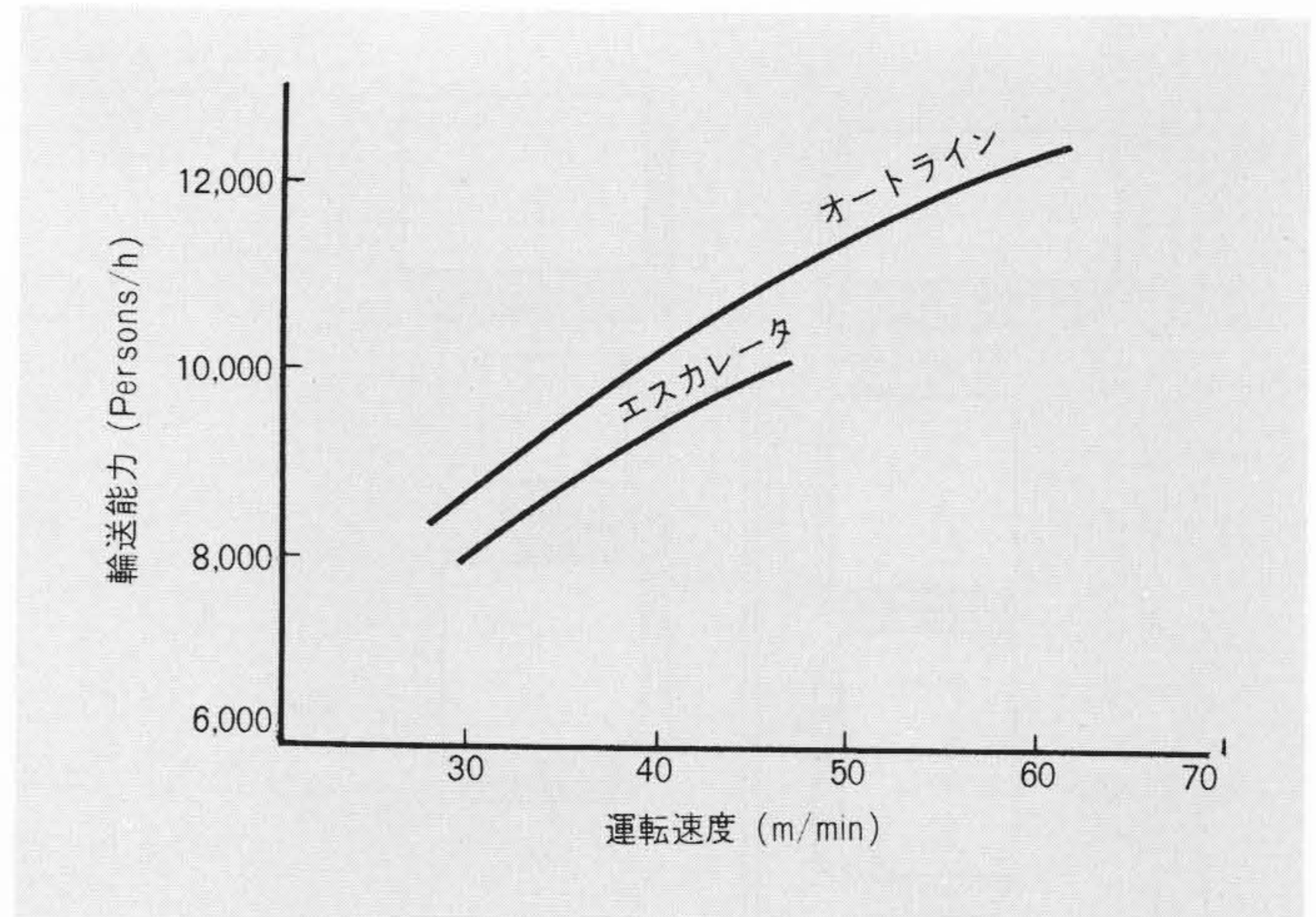


図10 オートラインとエスカレータの輸送量比較 エスカレータは階段状であるが、オートラインは平らな面であるため、乗りやすく輸送量が多い。

Fig. 10 Comparison of Transport Capacity between Autoline and Escalator

程度の低速とし、中間部では150m/min以上の速度でその間は徐々に加減速し、輸送時間を短縮する、いわゆる連続加減速式の動く歩道が試作されている。また、都市内の複雑な地形に合わせて、自由に横方向にも曲がるオートラインや、全長が1,000m以上でもスムーズに駆動でき、かつ経済的にも実用可能なオートラインも将来開発される見通しであり、オートラインの利用分野はより拡大するものと考えられる。このようになれば、オートラインを基本輸送系とした全く新しい都市交通システムが完成し、社会的にも大きな利益をもたらすものと考えられる。

6 結 言

以上、駅、地下鉄、空港などにおける歩行者中心の輸送を積極的に進めるという重要な観点から、新しい輸送システムとしてのオートラインの性能とその具体的設置例および設置計画に際して必要な諸点について述べた。オートラインは連続大量輸送機関としては他に類のない特長を有し、主要交通機関の鉄道、バスなどと結合することによっていっそうその効果を発揮できるものであり、地域内の人の流れを中心に考察するとき、効率の高い都市交通システムとしての大幅な活用が期待される。したがって、今後、市街地整備、交通網整備など将来の都市計画の中にオートラインを組み込むことが予想され、われわれとしてもこのような社会の実現のために、より高性能なオートラインの開発に努力して行きたいと考えている。本稿が今後の都市交通システム計画の一助となれば幸いである。

参考文献

- (1) 運輸経済研究センター、「動く歩道の都市交通機関への適応性に関する研究調査報告書」,(昭45)
- (2) B・リチャーズ、「新しい都市交通」, 鹿島出版会 (昭43)
- (3) マイマー, ケイン, ウォール, 「都市交通の分析」, 鹿島出版会 (昭45)
- (4) 中尾, 寺西ほか, 「日立CS形オートライン」, 日立評論52, 703 (昭45-8)
- (5) 東京都昇降機解釈例
- (6) JIS, A4302-1964, 「昇降機の検査基準」, 6