

大深度地下インフラネットワーク おける物流システムの導入に関する研究

物流 ネットワーク 配送計画

1. はじめに

現代の東京においては、都心部の高密度化により物資を搬送する貨物自動車が集積し、交通渋滞などの都市問題が発生している。交通渋滞は、時間・エネルギーの浪費、大気汚染等の原因となり、これらは東京だけでなく地球全体の環境問題であるといえる。

そこで大深度地下インフラネットワークのノードに物流拠点とデポを整備し、他のインフラ幹線との複合利用による効率的な物流システムの導入を考える。本研究では、調査地域を東京都都区部に限定して、物資流動の現状を把握し、物流ネットワークシステムの導入計画を行う。

2. 物流に関する調査

2-1. 東京関連貨物流動状況

東京関連貨物流動量は過去10年程横這い状態が続いているのに対して貨物自動車都県境交通量は増加傾向にあり貨物の小口化が進んでいることがわかる。(図1)

東京関連貨物のうち、約70%が東京都内間流動であり、他県間の流動状況としては埼玉県・神奈川県・千葉県等の関東近県間流動量が多く、比較的短距離間での輸送が目立つ。(図2・3) また品目として、東京都内間では砂利・砂・石材や食料工業品・日用品・廃棄物・その他窯業品・その他特殊品の割合が高い。(図4)

2-2. ブロック別貨物流動量

東京都都区部を13のブロックに分け、各ブロック単位での貨物流動量をそれぞれ算出した。貨物の出入りの多いブロックとして墨田・江東ブロック、大田ブロック、都心3区ブロック(千代田区・中央区・港区)等が挙げられる。

方面別にみると、他県間流動では墨田・江東ブロックと都心3区のブロックは東北自動車道方面と中央自動車道方面間での流動量が多く、大田区は東北自動車道方面、東名高速道路方面、首都高速1号線方面間での流動量が多い。(図6)

東京都都区部内流動については、墨田・江東ブロックと大田ブロック、品川ブロック間での流動量が多いことがわかる。(図7)

3. 物流デポの設定と各デポ間流動量の算定

3-1. 物流デポの設定 (図8)

- 準会員○高橋竜太郎*1 正会員 澤田 雅浩*3
 正会員 大友 理*2 同 高橋 信之*4
 同 佐々木淳一*2 同 尾島 俊雄*5
 同 森田 英樹*2

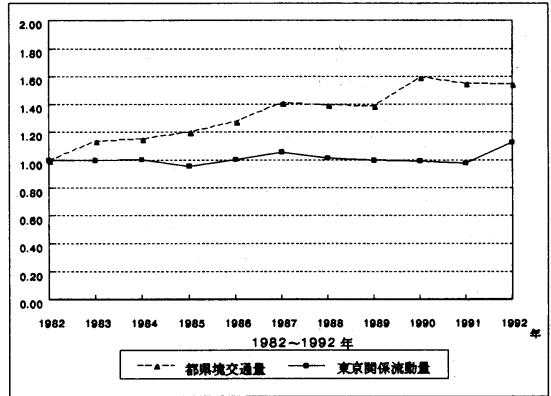


図1: 東京関連貨物流動量と貨物車交通台数

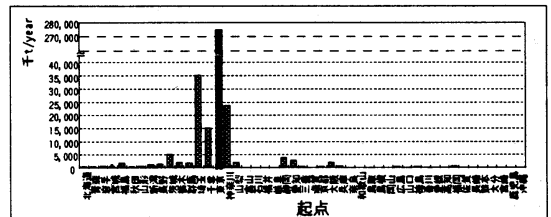


図2: 東京発地方着年間貨物流動量

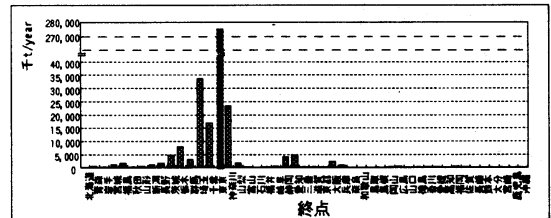


図3: 地方発東京着年間貨物流動量

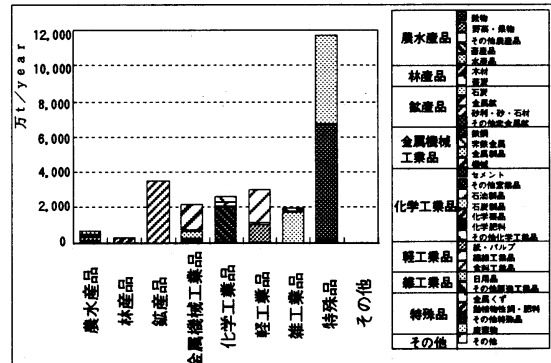


図4: 東京都内商品目別年間流動量

○一番内側のデポから外周に向かってA, B, Cループと設定する。

○各ブロックで発生した貨物、また各ブロックに集中する貨物は全てそれぞれのブロック内の依存スポットで取り扱う。

○他県からの流入貨物、他県への流出貨物は全て外周のCループ上の物流デポで取り扱う。



図5：都区部ブロックの設定

3-2. コンテナ化品目の設定

コンテナの容量を2m*3m*6mの36㎡・許容重量を6tと設定した上でコンテナ化できる品目とコンテナ化できない品目とに分類した。この際の規準として貨物の品目別荷姿調査を行い、荷姿不明が大半を占めるもの・容量がコンテナに入らない木材・石炭・金属鉱・鉄鋼・非鉄金属・その他特殊品はコンテナ化不可能品目とした。その結果、コンテナ化が可能な流動量は総流動量の66.7%となる。

3-3. 東京関連貨物デポ間流動量

それぞれのデポについて流入・流出貨物の方面別取扱量、デポ間品目別流動量を算出した。取扱量の多いデポはA1, B3, C1, C3, C5, があり、割合として他県間流動貨物を扱うCループのデポの中でもC1では、都区部内間貨物の取扱量よりも他県間流動貨物の取扱量の方が大きいものに対して、C5では都区部内間貨物が他県間流動貨物の取扱量よりも大きいことがわかる。(図9)

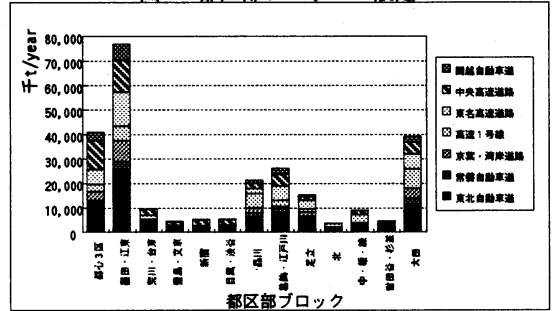


図6：東京都区部・地方間流動量

4. ネットワーク計画

4-1. 現状

3. までに算出したデポ間流動量を最短経路で搬送するものとしてネットワーク上に導入した。(図10-1) 現状貨物流動状況としてはA1-B3間, B3-B4-B5間, C1-B1間, C3-B3間, C5-B5間等が日量8万トンを越え、移動量が多い。この現状の総物流を3. で設定したコンテナで24時間稼働・3分間隔で搬送すると、A1-B3のように移動量の多いルートでは45両編成となる。また図10-2のように移動量の比較的少ないルートへ過剰分を迂回させ配送計画を行うと、A1-B3ルートは45両編成から30両編成になる。

4-2. パターン別ネットワーク

4-2-1. 東京都区部内間流動量を削除した場合

東京都区部内間貨物は現状通り地上での貨物自動車搬送とし、東京都区部と他県間の貨物だけをネットワークに導入する。この際ネットワークで搬送される貨物量は現状総流動量の49.8%であり、最短経路搬送を計画すると、最も移動量の多いB1-C1ルートが35両

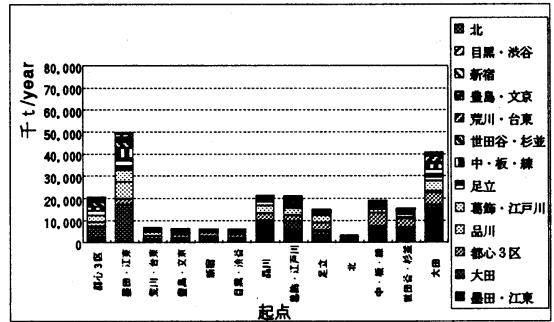


図7：東京都区部内間流動量

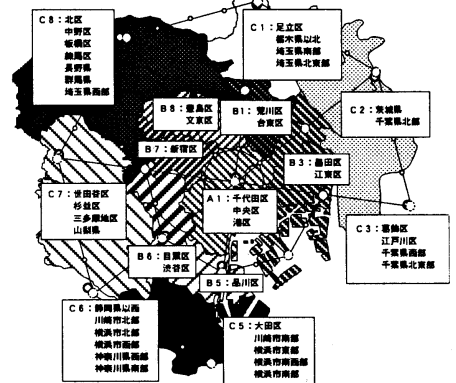


図8：物流デポの設定

編成となり、迂回ルート計画後は13両編成になる。

(図 11)

4-2-2. 流動量の多いルートを選択した場合

現状のアポ間流動量が15000t/day以上のルートの貨物のみを選択してネットワークに導入する。この際ネットワークで搬送される貨物量は現状総流動量の51.3%であり、最短距離搬送を計画すると最も移動量の多いC5-B5ルートが30両編成となり、迂回ルート計画後は17両編成になる。(図 12)

4-2-3. 輸送品目を限定した場合

東京関連貨物のなかでも流動量の多い、砂利・砂・石材、食料工業品、日用品、廃棄物の4品目だけに限定してネットワークに導入する。この際ネットワークで搬送される貨物量は現状総流動量の56.7%であり、同様に最短経路搬送を計画すると最も移動量の多いC5-B5ルートが26両編成となり、迂回ルート計画後は14両編成になる。(図 13)

4-3. 各パターンにおいて輸送品を1品に限った場合

4-2でそれぞれ3パターンについて配送計画を行ったが、迂回ルートの計画でもそれぞれのパターンにおいて10両編成を越えるルートが数カ所存在する。そこで、各パターンについて輸送品目を限定して配送計画を行う。それぞれ1品目だけを搬送するものとして、砂利・砂・石材、食料工業品、日用品、廃棄物の4品目について設定した。その結果東京都区内間流動量を削除した場合の流動量は、それぞれ現状総流動量の3.8%、6.7%、7.8%、6.6%となる。流動量の多いルートを選択した場合は、7.4%、6.0%、6.0%、10.7%となり、輸送品目を限定した場合は、13.2%、11.7%、12.4%、19.4%となる。この計画により全ての場合において5両編成以下で配送することが可能となる。

4-4. 稼働時間からみた場合

次にコンテナの容量と運行間隔はそのままコンテナの両編成を5両編成と設定した場合について、4-3で計画した各パターンにおいて、都区部内間流動量を削除した場合は迂回ルートを計画することにより砂利・砂・石材において平均稼働時間が2.9時間、食料工業品は5.2時間、日用品は6.0時間、廃棄物は5.1時間となる。同様に流動量の多いルートを選択した場合は、平均稼働時間がそれぞれ6.1、4.9、4.9、9.0時間となり、輸送品目を限定した場合は、11.5、9.6、10.0、16.9時間となる。また輸送品目を限定した場合の廃棄物に限っては19カ所ある24時間稼働ルートが迂回ルート計画後6カ所になり、それ以外のパターンについては24時間稼働ルートは迂回ルート計画後なくなる。(表 1.2.3)

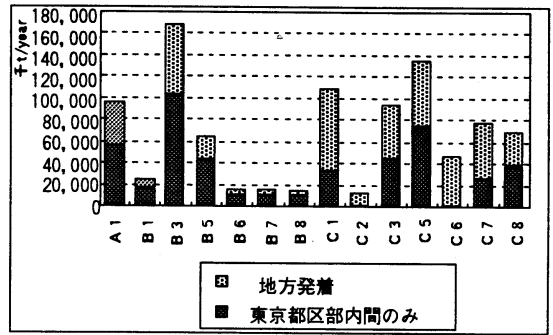


図9：デポ別貨物流動量

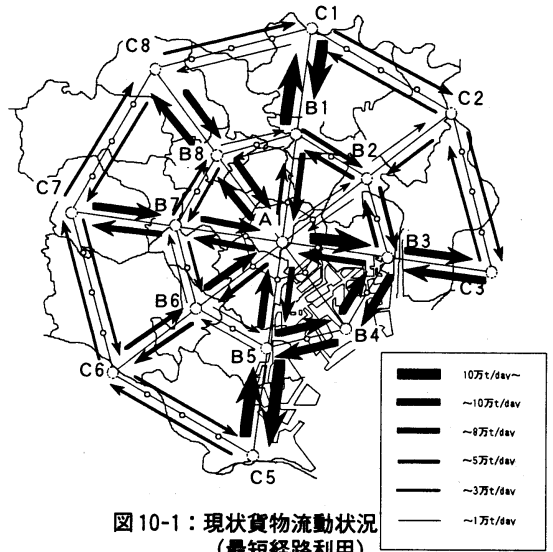


図 10-1：現状貨物流動状況 (最短経路利用)

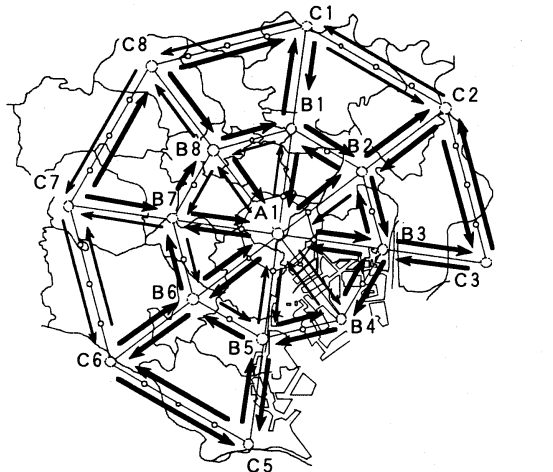


図 10-2：現状貨物流動状況 (迂回後)

表1：東京都区部内間流動を削除した場合

| 砂利・砂・石材 | | | 食料工業品 | | |
|---------|------|-----|--------|------|-----|
| 稼働時間 | ルート数 | | 稼働時間 | ルート数 | |
| | 最短距離 | 変更後 | | 最短距離 | 変更後 |
| 24時間稼働 | 0 | | 24時間稼働 | 0 | |
| 20~24 | 0 | | 20~24 | 0 | |
| 15~20 | 1 | | 15~20 | 0 | |
| 10~15 | 3 | | 10~15 | 9 | |
| 5~10 | 7 | | 5~10 | 15 | |
| 0~5 | 45 | | 0~5 | 32 | |

| 日用品 | | | 廃棄物 | | |
|--------|------|-----|--------|------|-----|
| 稼働時間 | ルート数 | | 稼働時間 | ルート数 | |
| | 最短距離 | 変更後 | | 最短距離 | 変更後 |
| 24時間稼働 | 0 | | 24時間稼働 | 1 | 0 |
| 20~24 | 1 | | 20~24 | 1 | 2 |
| 15~20 | 3 | | 15~20 | 1 | 1 |
| 10~15 | 10 | | 10~15 | 8 | 8 |
| 5~10 | 12 | | 5~10 | 7 | 8 |
| 0~5 | 30 | | 0~5 | 38 | 37 |

表2：流動量の多いルートを選択した場合

| 砂利・砂・石材 | | | 食料工業品 | | |
|---------|------|-----|--------|------|-----|
| 稼働時間 | ルート数 | | 稼働時間 | ルート数 | |
| | 最短距離 | 変更後 | | 最短距離 | 変更後 |
| 24時間稼働 | 0 | | 24時間稼働 | 0 | |
| 20~24 | 6 | | 20~24 | 0 | |
| 15~20 | 4 | | 15~20 | 3 | |
| 10~15 | 6 | | 10~15 | 6 | |
| 5~10 | 6 | | 5~10 | 14 | |
| 0~5 | 34 | | 0~5 | 33 | |

| 日用品 | | | 廃棄物 | | |
|--------|------|-----|--------|------|-----|
| 稼働時間 | ルート数 | | 稼働時間 | ルート数 | |
| | 最短距離 | 変更後 | | 最短距離 | 変更後 |
| 24時間稼働 | 0 | | 24時間稼働 | 7 | 0 |
| 20~24 | 0 | | 20~24 | 3 | 10 |
| 15~20 | 4 | | 15~20 | 10 | 12 |
| 10~15 | 6 | | 10~15 | 3 | 3 |
| 5~10 | 15 | | 5~10 | 2 | 7 |
| 0~5 | 31 | | 0~5 | 31 | 24 |

表3：輸送品目を限定した場合

| 砂利・砂・石材 | | | 食料工業品 | | |
|---------|------|-----|--------|------|-----|
| 稼働時間 | ルート数 | | 稼働時間 | ルート数 | |
| | 最短距離 | 変更後 | | 最短距離 | 変更後 |
| 24時間稼働 | 9 | 0 | 24時間稼働 | 3 | 0 |
| 20~24 | 5 | 9 | 20~24 | 3 | 0 |
| 15~20 | 7 | 12 | 15~20 | 10 | 11 |
| 10~15 | 4 | 16 | 10~15 | 6 | 18 |
| 5~10 | 2 | 10 | 5~10 | 6 | 19 |
| 0~5 | 31 | 11 | 0~5 | 30 | 10 |

| 日用品 | | | 廃棄物 | | |
|--------|------|-----|--------|------|-----|
| 稼働時間 | ルート数 | | 稼働時間 | ルート数 | |
| | 最短距離 | 変更後 | | 最短距離 | 変更後 |
| 24時間稼働 | 3 | 0 | 24時間稼働 | 19 | 6 |
| 20~24 | 2 | 4 | 20~24 | 3 | 22 |
| 15~20 | 14 | 11 | 15~20 | 3 | 11 |
| 10~15 | 8 | 13 | 10~15 | 0 | 8 |
| 5~10 | 3 | 13 | 5~10 | 3 | 3 |
| 0~5 | 28 | 17 | 0~5 | 28 | 8 |

5. まとめ

以上から現在の東京関連物流の全てを大深度地下インフラネットワークに導入することは不可能であるが、本研究で提案したようにいくつかの条件を設定することで搬送が可能となる。また最短経路搬送で24時間稼働で捌ききれないコンテナ貨物を迂回搬送ルートを計画することによって24時間以内で搬送することが可能になる。

- * 1 早稲田大学学部生
- * 2 早稲田大学大学院生
- * 3 慶応大学大学院生
- * 4 早稲田大学理工学総合研究センター助教授・工博
- * 5 早稲田大学教授・工博

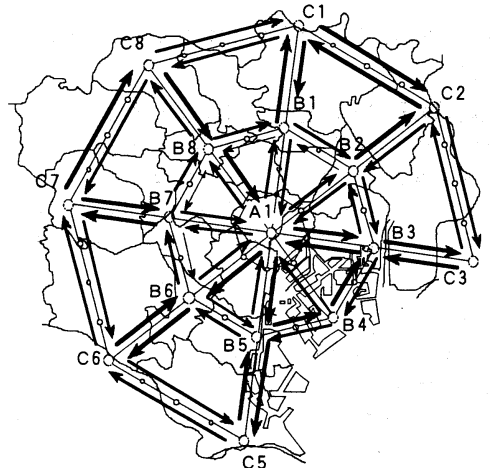


図11：東京都区部内間流動を削除した場合 (迂回後)

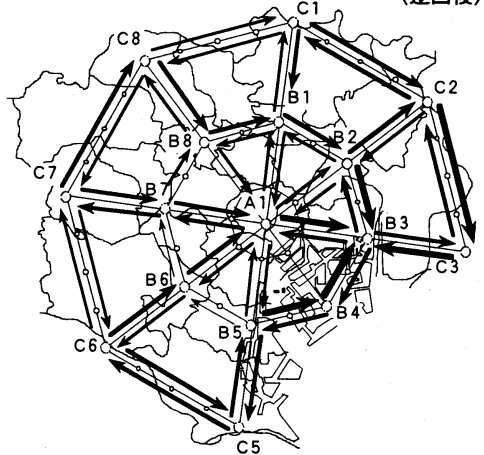


図12：流動量の多いルートを選択した場合 (迂回後)

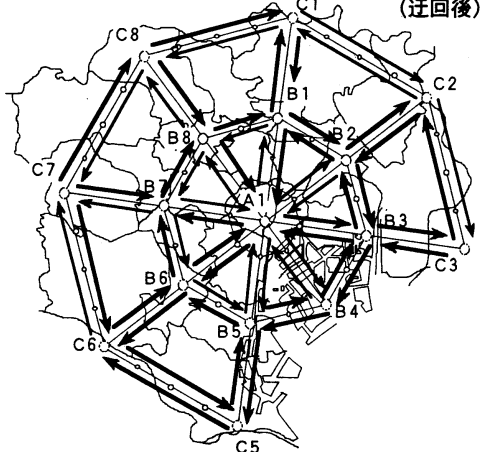


図13：輸送品目を限定した場合 (迂回後)