鉄道輸送を利用可能な貨物駅と荷主拠点の位置に関する研究

東京海洋大学　海洋工学部
流通情報工学科

学籍番号：1823042
氏名：山口俊輔
指導教員：黒川久幸　教授

目次

1. 研究の背景
2. 研究の目的
3. 鉄道輸送を利用した貨物輸送のモデル化
4. 貨物輸送モデルを用いた検討
5. 研究のまとめ

目次

1. 研究の背景
2. 研究の目的
3. 鉄道輸送を利用した貨物輸送のモデル化
4. 貨物輸送モデルを用いた検討
5. 研究のまとめ

1. トラック輸送の輸送分担率と二酸化炭素排出量

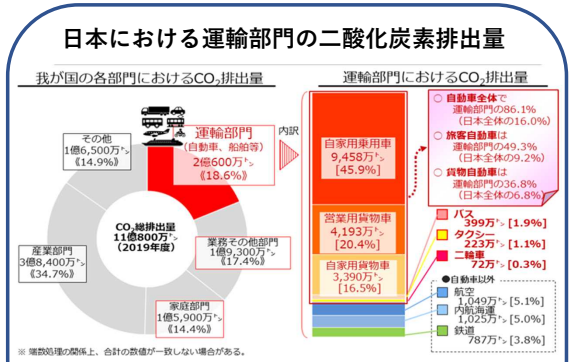


図2　運輸部門における二酸化炭素排出量

出所：国土交通省「運輸部門における二酸化炭素排出量」

地球温暖化等の問題がある中
運輸部門は約2割を占めている

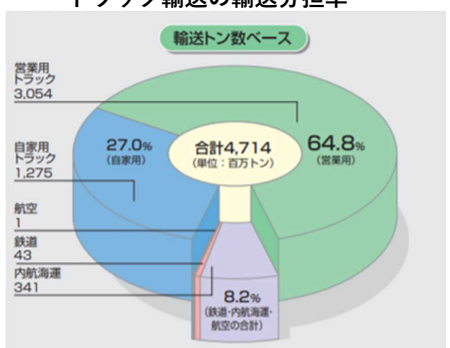


図1　年間貨物輸送量と輸送機関別分担率

出所：全日本トラック協会「全日本トラック協会の概要」

トラック輸送の分担率は
トンベースで約9割

1. トラックドライバーの有効求人倍率と働き方

トラックドライバーの有効求人倍率の推移

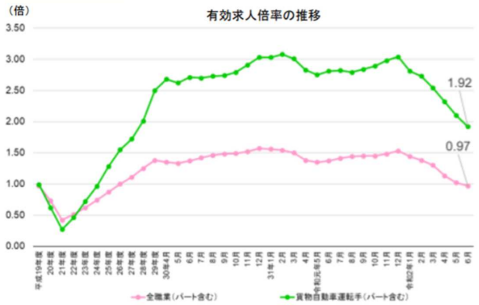


図3　貨物自動車の有効求人倍率の推移
出所：国土交通省「最近の物流政策について」

有効求人倍率は
全産業平均の約2倍

トラックドライバーの労働時間の規制

労働基準法では、労働時間を「原則1日8時間、1週に40時間まで」と定めており、ドライバー（自動車運転業務）は一般則とは別の取り扱いとなり、2024年4月から、年960時間の時間外労働の上限規制が適用される。

輸送の更なる効率化が
求められる

1. 代替手段である鉄道輸送のメリット

各輸送手段別の単位輸送量当たりの二酸化炭素排出量

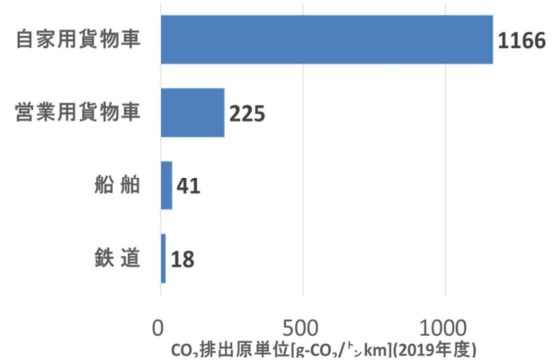


図5　輸送量当たりの二酸化炭素排出量
出所：国土交通省「運輸部門における二酸化炭素排出量」

営業用貨物車より
二酸化炭素排出量
13分の1

最大で 26両連結
した列車
→１編成あたり
650 トン輸送可能
（※5トンコンテナ130個）

1. 鉄道輸送を利用したモーダルシフトの事例一覧

番号	事業者(代表者のみ)	鉄道輸送区間	輸送貨物
1	イオングローバルSCM株式会社	百済貨物ターミナル～東京貨物ターミナル	異業種の貨物
2	日本通運株式会社	福岡貨物ターミナル～静岡貨物ターミナル	富士フィルム製品
3	古紙輸送モーダルシフト推進協議会	関東圏の貨物駅～石巻港駅	古紙
4	住友化学株式会社	熊谷駅～京葉久保田駅～南福井駅～敦賀港駅	住友化学株式会社製品
5	日東工業株式会社	札幌貨物ターミナル～多治見駅	キュービクル
6	北海道JR物流株式会社	札幌貨物ターミナル～函館貨物駅	燃料焼却灰
7	株式会社ブルボン	酒田港駅～西岡山駅、新潟貨物ターミナル～西岡山駅	株式会社ブルボン製品
8	日本オイルターミナル株式会社	川崎貨物駅～オイルターミナル高崎	メタノール
9	シャープ株式会社	広島貨物ターミナル～札幌貨物ターミナル、東京貨物ターミナル、名古屋貨物ターミナル	シャープ製の携帯電話
10	東芝メディカルシステムズ株式会社	宇都宮貨物ターミナル、大阪貨物ターミナル、福岡貨物ターミナル	医用機器
11	東芝ライテック株式会社	宇都宮貨物ターミナル～札幌貨物ターミナル、福岡貨物ターミナル 静岡貨物ターミナル～札幌貨物ターミナル、沼津駅～福岡貨物ターミナル	照明配線器具
12	日本通運株式会社	横浜羽沢駅～全国の拠点に近い駅	携帯電話
13	筑後運送株式会社	鳥栖貨物ターミナル～大阪貨物ターミナル	電線ドラム、電線ケーブル
14	パナソニック電工香川株式会社	越谷貨物ターミナル～高松貨物ターミナル	パナソニック製品
15	士幌町農業協同組合	帯広駅～越谷貨物ターミナル、熊谷貨物ターミナル、梅田駅	
16	社団法人全国通運連盟	東京貨物ターミナル～大阪貨物ターミナル	共同荷主貨物
17	佐川アドバンス株式会社	隅田川貨物駅～札幌・釧路貨物駅、東京貨物ターミナル～博多あk持つターミナル	生鮮品
18	アサヒビール株式会社・キリンビ	吹田貨物ターミナル～金沢貨物ターミナル	飲料輸送

輸送経路途中かつ近傍の貨物駅を
利用したものが多く限定的な利用となっている

目次

1. 研究の背景
2. 研究の目的
3. 鉄道輸送を利用した貨物輸送のモデル化
4. 貨物輸送モデルを用いた検討
5. 研究のまとめ

2. 研究の目的

背景

・トラック輸送の二酸化炭素排出量が多く分担率も高い
・トラックドライバーは人手不足で労働時間も制限される

↓

そのため鉄道輸送を利用したモーダルシフトの推進が必要
→しかし、輸送経路途中の近傍の貨物駅といった限定的な利用にとどまっている

↓

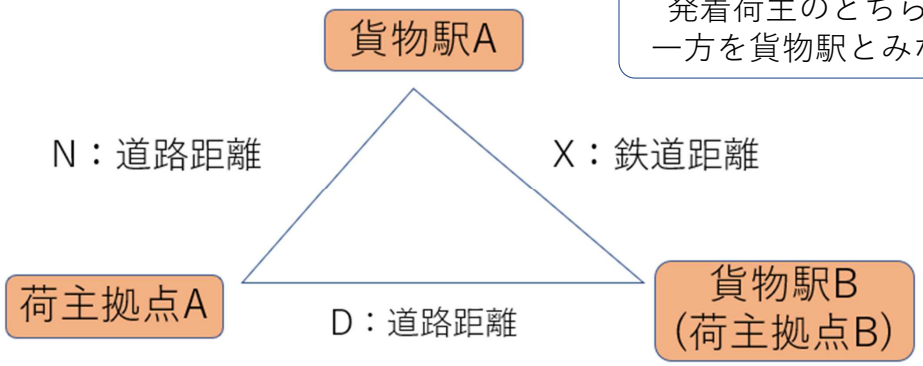
目的

そこで、鉄道輸送を利用可能な貨物駅と荷主拠点の位置関係について、物流費用と二酸化炭素排出量の2つの評価指標から検討・考察を行う

目次

1. 研究の背景
2. 研究の目的
3. 鉄道輸送を利用した貨物輸送のモデル化
4. 貨物輸送モデルを用いた検討
5. 研究のまとめ

3. 貨物輸送モデルの説明



発着荷主のどちらか
一方を貨物駅とみなす

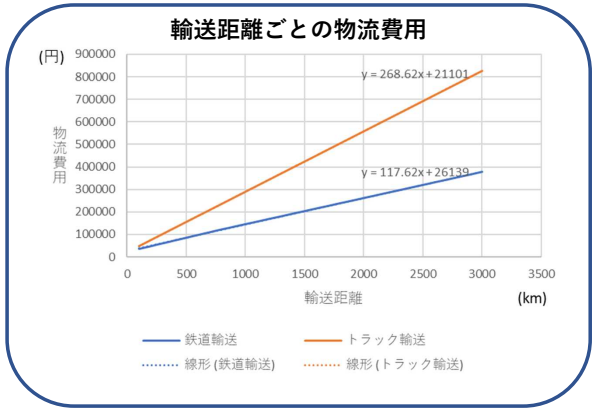
1. トラック輸送のみの輸送経路　荷主拠点A－貨物駅B(荷主拠点B)
2. 鉄道輸送を利用した輸送経路　荷主拠点A－貨物駅A－貨物駅B(荷主拠点B)

3. 貨物輸送のモデル設定

トラック　　：10トントラック
鉄道コンテナ　：31ftコンテナ
貨物の積載重量：10トン

算出方法	鉄道輸送	トラック輸送
物流費用	日本貨物鉄道株式会社発行 「コンテナ営業ガイド」	国土交通省 「標準的な運賃について」
二酸化炭素排出量	日本貨物鉄道株式会社 「エネルギー使用量・CO2排出量計算ページ」	全国通運連盟 「CO_2排出量計算ページ」

3. 各輸送の物流費用と二酸化炭素排出量



単位輸送量における二酸化炭素排出量
(g-CO2/トンキロ)

鉄道輸送	トラック輸送
0.00023	0.0009

物流費用及び二酸化炭素排出量どちらも鉄道輸送の方が有利

輸送距離と物流費用の関係は1次回帰で近似することが出来る

目次

1. 研究の背景
2. 研究の目的
3. 鉄道輸送を利用した貨物輸送のモデル化
4. 貨物輸送モデルを用いた検討
5. 研究のまとめ

4. 検討項目と検討内容

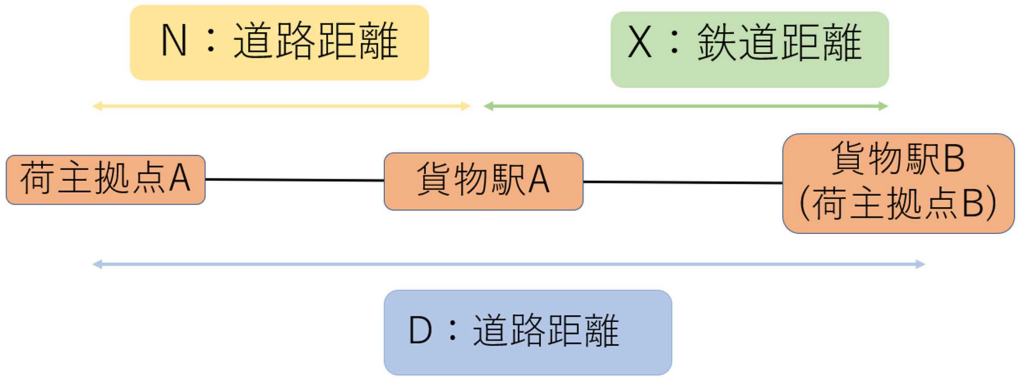
項目

(1) 貨物駅Aが荷主拠点Aと貨物駅Bの直線上にある
(2) 貨物駅Aが荷主拠点Aと貨物駅Bの直線上にない

方法

トラック輸送のみの輸送と鉄道輸送を利用した輸送の物流費用と二酸化炭素排出量の比較から利用可能な貨物駅と荷主拠点の位置関係について検討を行う

4. (1)貨物駅Aが荷主拠点Aと貨物駅Bの直線上にある場合



鉄道輸送利用時の道路距離N ➡ $N = D - X$

4. 物流費用の定式化

トラック輸送のみの輸送方式での物流費用の関数

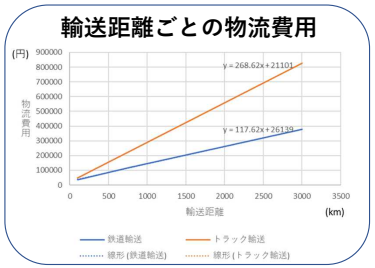
$$y_t = a_1 + a_2 \cdot \mathrm{D}$$

鉄道輸送を利用した際の鉄道の物流費用の関数

$$y_r = b_1 + b_2 \cdot X$$

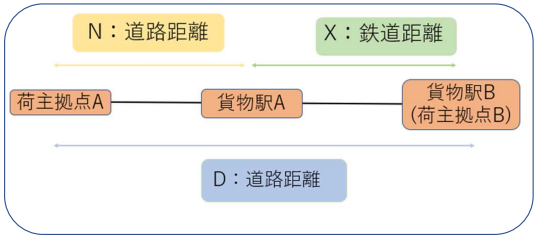
鉄道輸送を利用した際のトラック輸送の物流費用の関数

$$y_t = a_1 + a_2 \cdot N$$

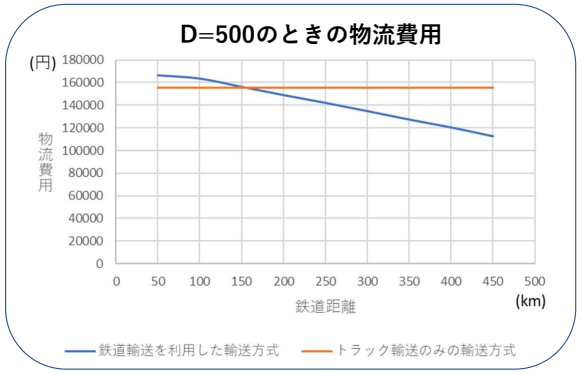


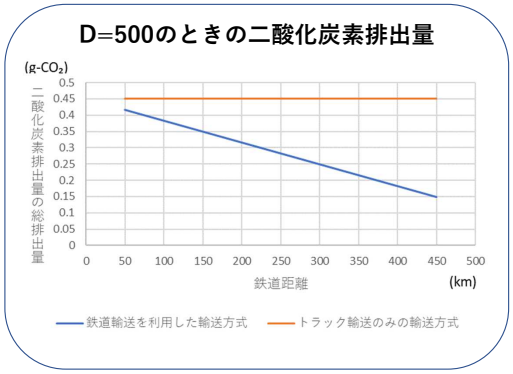
a_1：トラック輸送の1次関数の切片
a_2：トラック輸送の1次関数の傾き

b_1：鉄道輸送の1次関数の切片
b_2：鉄道輸送の1次関数の傾き



4. 評価指標に基づく分析結果





150km～200kmの間で物流費用の分岐点がある

常に鉄道輸送の方が有利

4. 分岐点における鉄道距離Xの算出

<u>トラック輸送のみの物流費用≧ 鉄道輸送を利用した際の総物流費用</u>

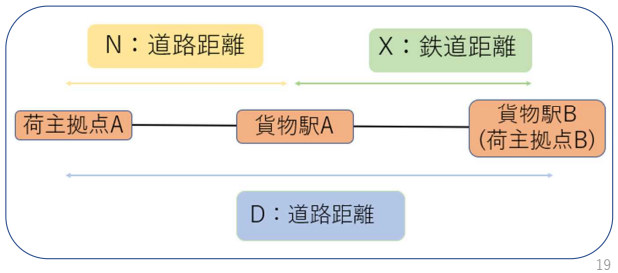
$$a_1 + a_2 \cdot D \geq a_1 + a_2 \cdot (D - X) + b_1 + b_2 \cdot X$$

$$X \geq \frac{b_1}{(a_2 - b_2)}$$

※$(a_2 - b_2) > 0$

$$X \geq 173.10596$$

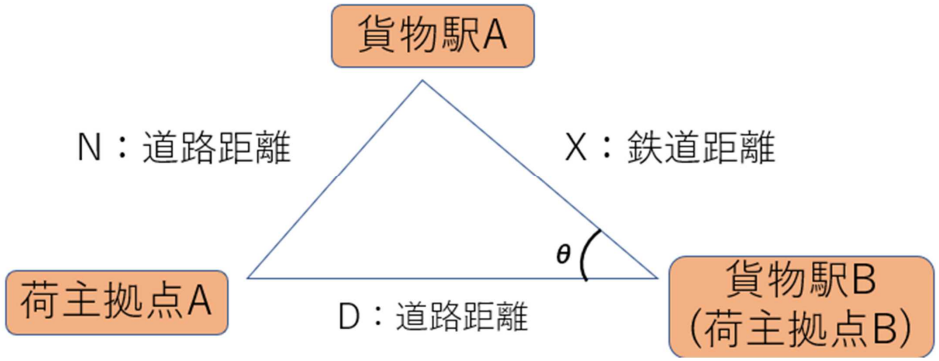
※X＜D



4. (1)貨物駅Aが荷主拠点Aと貨物駅Bの直線上にある場合の分析結果

- 鉄道距離Xが173.1km以上確保できれば、「物流費用」「二酸化炭素排出量」の両方において鉄道輸送を利用したモーダルシフトにより削減可能である
- 過去の事例のように貨物駅が荷主拠点に近接していなくても利用可能である

4. (2)貨物駅Aが荷主拠点Aと貨物駅Bの直線上にない場合

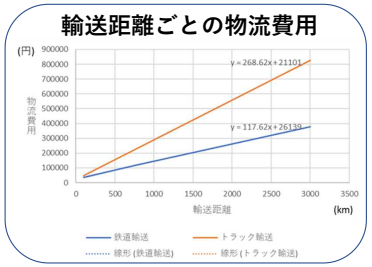


道路距離Dは500～1000まで100ずつ変化させる

鉄道距離Xは最小値から最大値まで50ずつ変化させる

4. 鉄道輸送利用時の道路距離Nの算出

トラック輸送のみの物流費用	$yt = a_1 + a_2 \cdot D$
鉄道輸送の物流費用	$yr = b_1 + b_2 \cdot X$
鉄道輸送利用時のトラック輸送の物流費用	$yrt = a_1 + a_2 \cdot N$



$$yt \geq yr + yrt \Rightarrow N \leq -\frac{b_1 + b_2 \cdot X}{a_2} + D$$

a_1：トラック輸送の1次関数の切片
a_2：トラック輸送の1次関数の傾き

b_1：鉄道輸送の1次関数の切片
b_2：鉄道輸送の1次関数の傾き

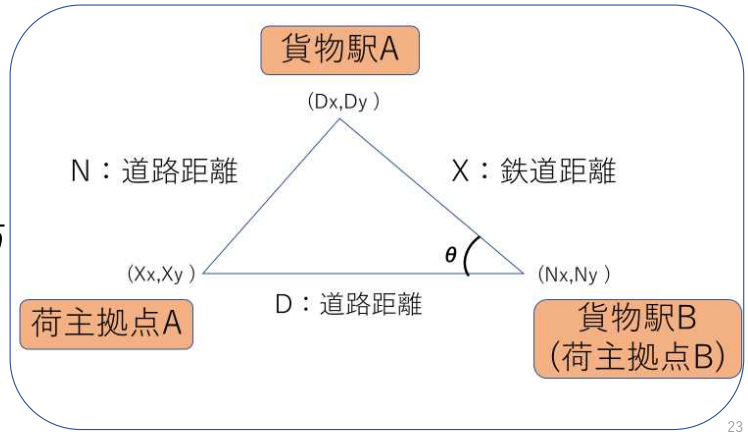
4. 座標の定義

荷主拠点Aを座標(0,0)とし、貨物駅Bをx軸上に配置

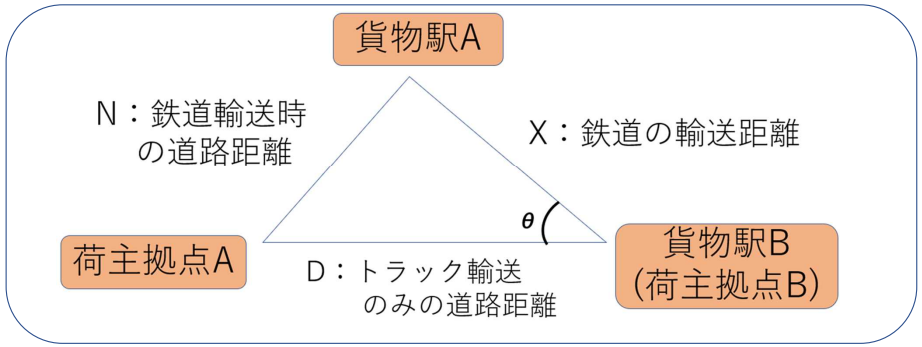
荷主拠点A(Xx,Xy)
Xx：0
Xy：0

貨物駅A(Dx,Dy)
Dx：$D - X \cdot cos\theta$
Dy：$X \cdot \sqrt{1 - cos^2\theta}$

貨物駅B(Nx,Ny)
Nx：D
Ny： 0



4. 余弦定理よりcos θ の算出



$$N^2 = D^2 + X^2 - 2 \cdot D \cdot X \cdot cos\theta$$

$$cos\theta = \frac{D^2 + X^2 - N^2}{2 \cdot D \cdot X}$$

4. 鉄道距離Xの最小値と最大値の算出

貨物駅Aがx軸上にあればよい

Dy =0となるとき

$$Dy = X \cdot \sqrt{1-\cos^2\theta}$$

$X \neq 0$ より

$$1 - cos^2\theta = 0$$

$$cos\theta = \pm 1$$

ここで$\cos\theta \geq 0$より

$$cos\theta = 1$$

$$N = \pm(D - X)$$

4. 鉄道距離Xの最小値と最大値の算出

最小値

1) N=D-Xのとき

$N = \frac{-(b_1+b_2 \cdot X)}{a_2} + D$ より

$$-b_1 - b_2 \cdot X + a_2 \cdot D = a_2 \cdot D - a_2 \cdot X$$

$$(a_2 - b_2) \cdot X = b_1$$

$X = \frac{b_1}{a_2 - b_2}$ ($a_2 > b_2$より)

最大値

2)N=X-Dのとき

$N = \frac{-(b_1+b_2 \cdot X)}{a_2} + D$ より

$$-b_1 - b_2 \cdot X + a_2 \cdot D = a_2 \cdot X - a_2 \cdot D$$

$$(a_2 + b_2) \cdot X = -b_1 + 2 \cdot a_2 \cdot D$$

$$X = \frac{-b_1 + 2 \cdot a_2 \cdot D}{a_2 + b_2}$$

(1)貨物駅Aが荷主拠点Aと貨物駅Bの直線上にある場合の鉄道輸送を利用した方が物流費用が安くなる分岐点

4. D=500のときの分析結果

1) N=D-Xのとき　最小値

$X = \frac{b_2}{a_2 - b_2}$

X = 173.1-①

2)N=X-Dのとき　最大値

$X = \frac{-b_1 + 2 \cdot a_2 \cdot D}{a_2 + b_2}$

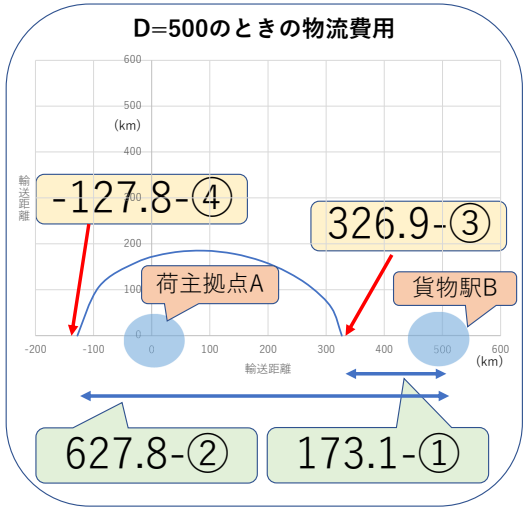
X=627.8-②

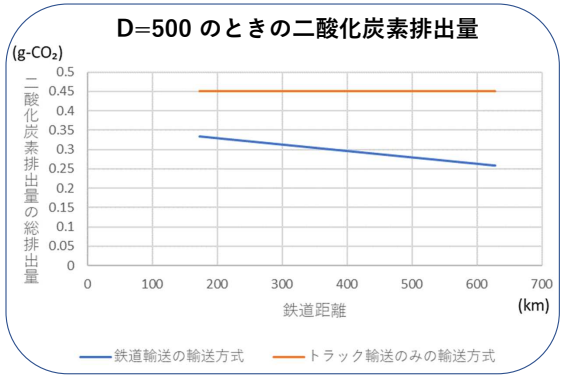
Dx：D-cosθ ・Xであり、cosθ =1より

N=D-Xのとき：Dx=326.9-③

N=X-Dのとき：Dx=-127.8-④

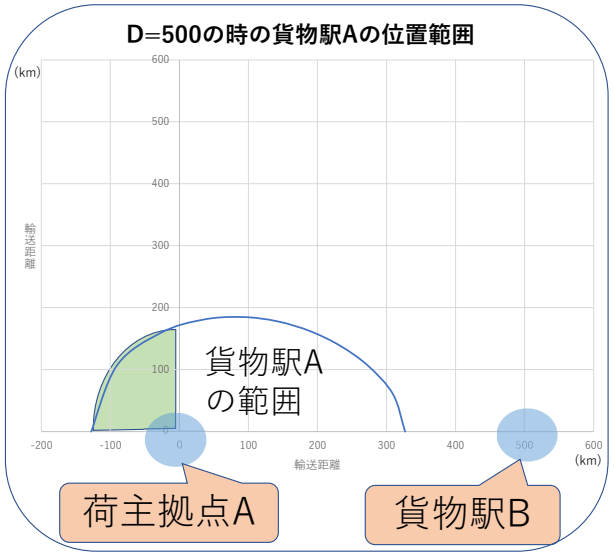
4. D=500のときの物流費用と二酸化炭素排出量



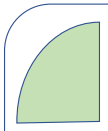


荷主拠点Aと貨物駅Bがx軸上にある場合
常に鉄道輸送の方が有利

4. D=500のときの物流費用の分析結果

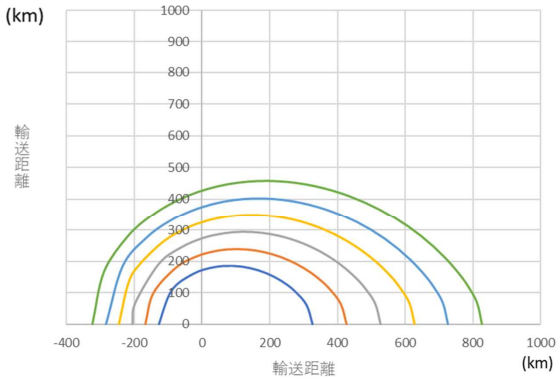


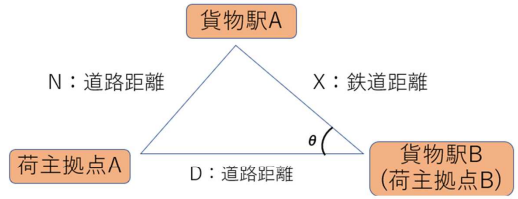
x軸と上下対象となる
位置範囲については省略
→本来は楕円の形



グラフの第2象限の部分は、遠回りしても鉄道輸送を利用した方が有利な範囲

4. D=500～1000のときの物流費用の分析結果



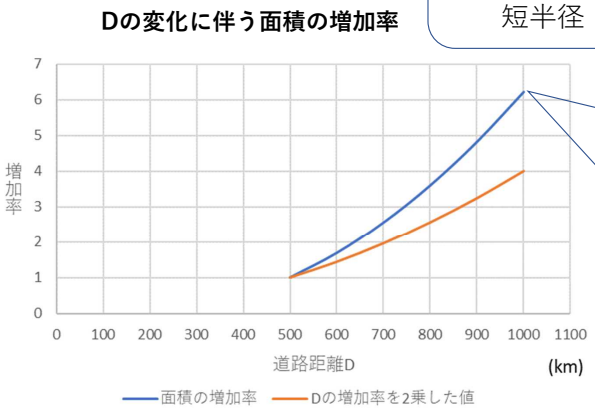


Dの値を増加させるにつれ、貨物駅Aの範囲は増加する

4. 楕円の面積の算出・検討

楕円の面積=長半径・短半径・π

長半径：(Dxの最大値-Dxの最小値)/2
短半径：求めた長半径におけるyの値



Dの値が2倍のとき面積の倍率は4倍ではなく約6.2倍
→Dの値が増加するほど面積もより増加する

4. (2)貨物駅Aが荷主拠点Aと貨物駅Bの直線上にない場合の分析結果

・一見遠回りしているように見えても「物流費用」「二酸化炭素排出量」の両方で鉄道輸送を利用した方が有利となることもある
・道路距離Dの値が増加するほど、貨物駅Aの利用可能範囲も増加する

目次

1. 研究の背景
2. 研究の目的
3. 鉄道輸送を利用した貨物輸送のモデル化
4. 貨物輸送モデルを用いた検討
5. 研究のまとめ

5. 研究の成果

(1)　貨物駅Aが荷主拠点Aと貨物駅Bの直線上にある場合

→鉄道距離が173.1km以上であれば物流費用及び二酸化炭素排出量において、トラック輸送のみの輸送方式より鉄道輸送を利用した輸送方式の方が有利となる

(2)　貨物駅Aが荷主拠点Aと貨物駅Bの直線上にない場合

→一見遠回りしているように見えても物流費用及び二酸化炭素排出量において、鉄道輸送を利用した方が有利となることもある
→道路距離Dを増加させるほど、貨物駅Aを利用可能な面積は増加する

5. 今後の課題

本研究では考慮に入れていない点

- 着貨物駅から着荷主までトラック輸送を行う点
- 輸送時間について鉄道輸送の方が長くなり不利となる点
- トラックと鉄道間の荷役時間がかかる点

今後これらの課題を考慮に入れて、鉄道輸送を利用した貨物輸送ついて さらに検討をする必要がある

参考文献

(1)全日本トラック協会 全日本トラック協会の概要
https://jta.or.jp/wpcontent/themes/jta_theme/pdf/aboutjta2021.pdf

(2)国土交通省 運輸部門における二酸化炭素排出量
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html

(3)国土交通省 最近の物流政策について
https://www.mlit.go.jp/common/001388194.pdf

(4)国土交通省 トラック運送業界の働き方改革
https://jta.or.jp/wpcontent/themes/jta_theme/pdf/rodo/hatarakikata/actionplan_kaisetsu_gaiyo.pdf

(5)国土交通省 貨物鉄道輸送の特性と国内貨物輸送における鉄道の役割
https://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_tk2_000015.html

(6)国土交通省 「総合物流施策大綱 2021 年度～ 2025 年度」
https://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/content/001409564.pdf

(7) グリーン物流パートナーシップ 優良事業事例集
https://www.greenpartnership.jp/asset/41673/view