

改正省エネ法対応の 配送計画システムの研究開発

株式会社富士通総研
研究開発部
*山根審治、宮崎知明

背景

京都議定書発効に伴う
排ガス削減への取り組み

実証実験等による官主導
環境負荷低減の推進

企業の社会的責任(CSR)
としての環境対策



**環境調和型
ロジスティクス**
—環境負荷低減の実現—

システム化

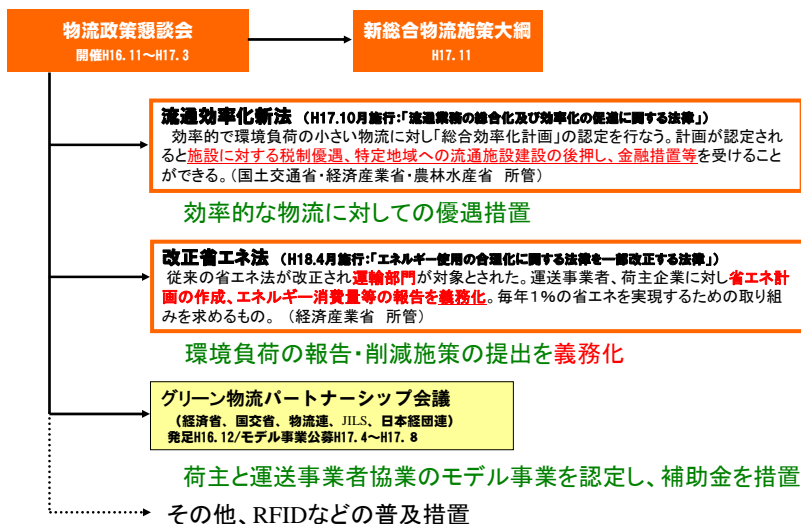
1. 定量的な把握
2. 分析と改善

- ・環境報告書への記載。
- ・事業者の比較・評価や取引の際の指標とする。
- ・ISO14001の取得。



※CSR: Corporate Social Responsibility

国家施策の動き



3 All Rights Reserved Copyright(C) 株式会社 富士通総研 2007

改正省エネ法における計画及び報告書の内容(サンプル)

計画			報告書																																																																																																																																						
I 計画期間 年度: 2005年度等、直前年度にまたがる場合には、2005~2007年度等とする。			第1表 輸送量																																																																																																																																						
II 計画内容及びエネルギー使用合理化期待効果			<table border="1"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>区分</th> <th>貨物重量(トン)</th> <th>輸送量(トンキロ)</th> <th>参考)</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>平均輸送距離(km)</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">自家物流</td> <td>トラック</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>その他()</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>トラック()</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>トラック()</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="4">委託物流</td> <td>トラック</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>その他()</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>トラック()</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>トラック()</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3"> (例) 本年〇月より、〇〇製品に対する〇〇-〇〇間の幹線輸送のうち幹線輸送のモータールシフト(鉄道輸送)の推進 物流センターの集約化 </td> <td colspan="4"> 第2表 エネルギー使用量等 </td> </tr> <tr> <td colspan="3"> <table border="1"> <thead> <tr> <th>対象</th> <th>計画内容</th> <th>エネルギー使用合理化期待効果</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(例) 本年〇月より、〇〇製品に対する〇〇-〇〇間の幹線輸送のうち幹線輸送のモータールシフト(鉄道輸送)の推進</td> <td>本年〇月より、〇〇製品に対する〇〇-〇〇間の幹線輸送のうち〇〇%で鉄道輸送を利用する(〇〇年度時点では〇〇%)。</td> <td>〇〇TJ/年</td> </tr> <tr> <td>物流センターの集約化</td> <td>これまで〇〇工場から〇〇地方への輸送には〇〇箇所の物流センターに分散して輸送していたが、物流センターを1箇所集約することで、幹線輸送の車両の大型化(8車→13車)と積載率向上(〇%向上が目標)を実現する(〇〇年〇月完成予定)。</td> <td>〇〇TJ/年</td> </tr> </tbody> </table> </td> <td colspan="4"> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ID</th> <th rowspan="2">区分</th> <th rowspan="2">算定手法</th> <th colspan="2">エネルギー使用量(GJ)</th> <th rowspan="2">CO₂ 排出量(t-CO₂)</th> </tr> <tr> <th>前年度からの変更</th> <th>②</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">自家物流</td> <td>トラック</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>その他()</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>トラック()</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>トラック()</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="4">委託物流</td> <td>トラック</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>その他()</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>トラック()</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>トラック()</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3"> 好策の種類別 例: モータールシフトの推進、積み合わせ輸送・混載便の利用 </td> <td colspan="4"> 燃料法/燃費法/改良トンキロ法等を記載 </td> </tr> <tr> <td colspan="3"> 対前年度比(%) </td> <td colspan="4"> ③ </td> </tr> </tbody> </table> </td></tr></tbody></table>				ID	区分	貨物重量(トン)	輸送量(トンキロ)	参考)					平均輸送距離(km)	自家物流	トラック				その他()				トラック()				トラック()				委託物流	トラック				その他()				トラック()				トラック()				(例) 本年〇月より、〇〇製品に対する〇〇-〇〇間の幹線輸送のうち幹線輸送のモータールシフト(鉄道輸送)の推進 物流センターの集約化			第2表 エネルギー使用量等				<table border="1"> <thead> <tr> <th>対象</th> <th>計画内容</th> <th>エネルギー使用合理化期待効果</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(例) 本年〇月より、〇〇製品に対する〇〇-〇〇間の幹線輸送のうち幹線輸送のモータールシフト(鉄道輸送)の推進</td> <td>本年〇月より、〇〇製品に対する〇〇-〇〇間の幹線輸送のうち〇〇%で鉄道輸送を利用する(〇〇年度時点では〇〇%)。</td> <td>〇〇TJ/年</td> </tr> <tr> <td>物流センターの集約化</td> <td>これまで〇〇工場から〇〇地方への輸送には〇〇箇所の物流センターに分散して輸送していたが、物流センターを1箇所集約することで、幹線輸送の車両の大型化(8車→13車)と積載率向上(〇%向上が目標)を実現する(〇〇年〇月完成予定)。</td> <td>〇〇TJ/年</td> </tr> </tbody> </table>			対象	計画内容	エネルギー使用合理化期待効果	(例) 本年〇月より、〇〇製品に対する〇〇-〇〇間の幹線輸送のうち幹線輸送のモータールシフト(鉄道輸送)の推進	本年〇月より、〇〇製品に対する〇〇-〇〇間の幹線輸送のうち〇〇%で鉄道輸送を利用する(〇〇年度時点では〇〇%)。	〇〇TJ/年	物流センターの集約化	これまで〇〇工場から〇〇地方への輸送には〇〇箇所の物流センターに分散して輸送していたが、物流センターを1箇所集約することで、幹線輸送の車両の大型化(8車→13車)と積載率向上(〇%向上が目標)を実現する(〇〇年〇月完成予定)。	〇〇TJ/年	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ID</th> <th rowspan="2">区分</th> <th rowspan="2">算定手法</th> <th colspan="2">エネルギー使用量(GJ)</th> <th rowspan="2">CO₂ 排出量(t-CO₂)</th> </tr> <tr> <th>前年度からの変更</th> <th>②</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">自家物流</td> <td>トラック</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>その他()</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>トラック()</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>トラック()</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="4">委託物流</td> <td>トラック</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>その他()</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>トラック()</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>トラック()</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3"> 好策の種類別 例: モータールシフトの推進、積み合わせ輸送・混載便の利用 </td> <td colspan="4"> 燃料法/燃費法/改良トンキロ法等を記載 </td> </tr> <tr> <td colspan="3"> 対前年度比(%) </td> <td colspan="4"> ③ </td> </tr> </tbody> </table>				ID	区分	算定手法	エネルギー使用量(GJ)		CO ₂ 排出量(t-CO ₂)	前年度からの変更	②	自家物流	トラック	有/無				その他()	有/無				トラック()	有/無				トラック()	有/無				委託物流	トラック	有/無				その他()	有/無				トラック()	有/無				トラック()	有/無				好策の種類別 例: モータールシフトの推進、積み合わせ輸送・混載便の利用			燃料法/燃費法/改良トンキロ法等を記載				対前年度比(%)			③			
ID	区分	貨物重量(トン)	輸送量(トンキロ)	参考)																																																																																																																																					
				平均輸送距離(km)																																																																																																																																					
自家物流	トラック																																																																																																																																								
	その他()																																																																																																																																								
	トラック()																																																																																																																																								
	トラック()																																																																																																																																								
委託物流	トラック																																																																																																																																								
	その他()																																																																																																																																								
	トラック()																																																																																																																																								
	トラック()																																																																																																																																								
(例) 本年〇月より、〇〇製品に対する〇〇-〇〇間の幹線輸送のうち幹線輸送のモータールシフト(鉄道輸送)の推進 物流センターの集約化			第2表 エネルギー使用量等																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>対象</th> <th>計画内容</th> <th>エネルギー使用合理化期待効果</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(例) 本年〇月より、〇〇製品に対する〇〇-〇〇間の幹線輸送のうち幹線輸送のモータールシフト(鉄道輸送)の推進</td> <td>本年〇月より、〇〇製品に対する〇〇-〇〇間の幹線輸送のうち〇〇%で鉄道輸送を利用する(〇〇年度時点では〇〇%)。</td> <td>〇〇TJ/年</td> </tr> <tr> <td>物流センターの集約化</td> <td>これまで〇〇工場から〇〇地方への輸送には〇〇箇所の物流センターに分散して輸送していたが、物流センターを1箇所集約することで、幹線輸送の車両の大型化(8車→13車)と積載率向上(〇%向上が目標)を実現する(〇〇年〇月完成予定)。</td> <td>〇〇TJ/年</td> </tr> </tbody> </table>			対象	計画内容	エネルギー使用合理化期待効果	(例) 本年〇月より、〇〇製品に対する〇〇-〇〇間の幹線輸送のうち幹線輸送のモータールシフト(鉄道輸送)の推進	本年〇月より、〇〇製品に対する〇〇-〇〇間の幹線輸送のうち〇〇%で鉄道輸送を利用する(〇〇年度時点では〇〇%)。	〇〇TJ/年	物流センターの集約化	これまで〇〇工場から〇〇地方への輸送には〇〇箇所の物流センターに分散して輸送していたが、物流センターを1箇所集約することで、幹線輸送の車両の大型化(8車→13車)と積載率向上(〇%向上が目標)を実現する(〇〇年〇月完成予定)。	〇〇TJ/年	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ID</th> <th rowspan="2">区分</th> <th rowspan="2">算定手法</th> <th colspan="2">エネルギー使用量(GJ)</th> <th rowspan="2">CO₂ 排出量(t-CO₂)</th> </tr> <tr> <th>前年度からの変更</th> <th>②</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">自家物流</td> <td>トラック</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>その他()</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>トラック()</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>トラック()</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="4">委託物流</td> <td>トラック</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>その他()</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>トラック()</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>トラック()</td> <td>有/無</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3"> 好策の種類別 例: モータールシフトの推進、積み合わせ輸送・混載便の利用 </td> <td colspan="4"> 燃料法/燃費法/改良トンキロ法等を記載 </td> </tr> <tr> <td colspan="3"> 対前年度比(%) </td> <td colspan="4"> ③ </td> </tr> </tbody> </table>				ID	区分	算定手法	エネルギー使用量(GJ)		CO ₂ 排出量(t-CO ₂)	前年度からの変更	②	自家物流	トラック	有/無				その他()	有/無				トラック()	有/無				トラック()	有/無				委託物流	トラック	有/無				その他()	有/無				トラック()	有/無				トラック()	有/無				好策の種類別 例: モータールシフトの推進、積み合わせ輸送・混載便の利用			燃料法/燃費法/改良トンキロ法等を記載				対前年度比(%)			③																																																													
対象	計画内容	エネルギー使用合理化期待効果																																																																																																																																							
(例) 本年〇月より、〇〇製品に対する〇〇-〇〇間の幹線輸送のうち幹線輸送のモータールシフト(鉄道輸送)の推進	本年〇月より、〇〇製品に対する〇〇-〇〇間の幹線輸送のうち〇〇%で鉄道輸送を利用する(〇〇年度時点では〇〇%)。	〇〇TJ/年																																																																																																																																							
物流センターの集約化	これまで〇〇工場から〇〇地方への輸送には〇〇箇所の物流センターに分散して輸送していたが、物流センターを1箇所集約することで、幹線輸送の車両の大型化(8車→13車)と積載率向上(〇%向上が目標)を実現する(〇〇年〇月完成予定)。	〇〇TJ/年																																																																																																																																							
ID	区分	算定手法	エネルギー使用量(GJ)		CO ₂ 排出量(t-CO ₂)																																																																																																																																				
			前年度からの変更	②																																																																																																																																					
自家物流	トラック	有/無																																																																																																																																							
	その他()	有/無																																																																																																																																							
	トラック()	有/無																																																																																																																																							
	トラック()	有/無																																																																																																																																							
委託物流	トラック	有/無																																																																																																																																							
	その他()	有/無																																																																																																																																							
	トラック()	有/無																																																																																																																																							
	トラック()	有/無																																																																																																																																							
好策の種類別 例: モータールシフトの推進、積み合わせ輸送・混載便の利用			燃料法/燃費法/改良トンキロ法等を記載																																																																																																																																						
対前年度比(%)			③																																																																																																																																						

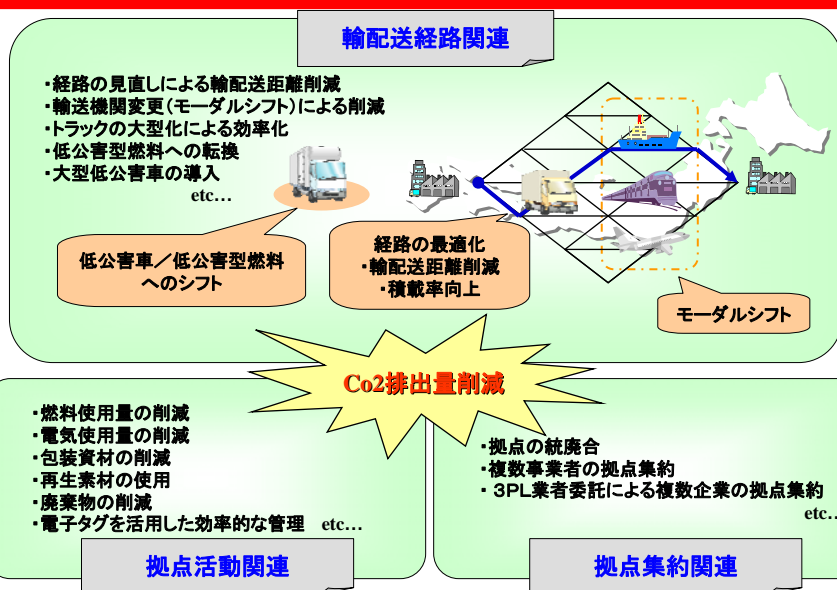
出所: 国土交通省 http://www.mlit.go.jp/pubcom/05/pubcom059_.html
 経済産業省、総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会荷主判断基準小委員会とりまとめ案
<http://www.meti.go.jp/feedback/downloadfiles/i51014cj.pdf>

改正省エネ法施行後のスケジュール

	輸送事業者	荷主
平成18年4月1日 施行	<ul style="list-style-type: none"> ■エネルギー消費量等の取得開始 ◆特定輸送事業者の指定 (4月より順次) 	<ul style="list-style-type: none"> ■トンキロデータの取得開始 ■特定荷主になる可能性のある企業は積載率などのデータも取得
平成19年4月	<ul style="list-style-type: none"> ◆省エネ計画書・報告書の提出 (6月末日) 	<ul style="list-style-type: none"> ◆特定荷主の指定 (4月より順次)
平成19年9月		<ul style="list-style-type: none"> ◆省エネ計画書・報告書の提出 (9月末日)
平成20年以降	<ul style="list-style-type: none"> ◆省エネ計画書・報告書の提出 (6月末日) 	

5 All Rights Reserved Copyright(C) 株式会社 富士通総研 2007

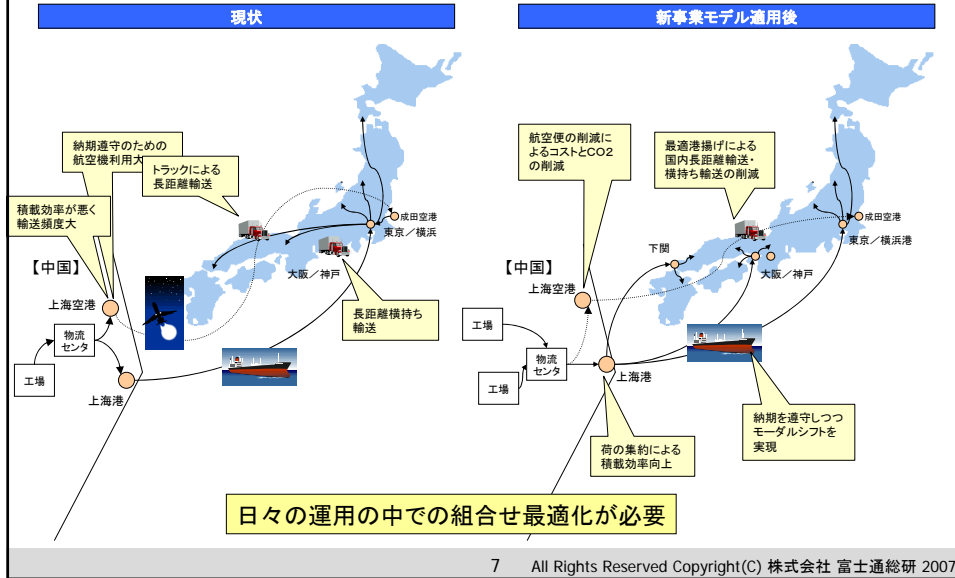
環境負荷低減活動: 実現施策例



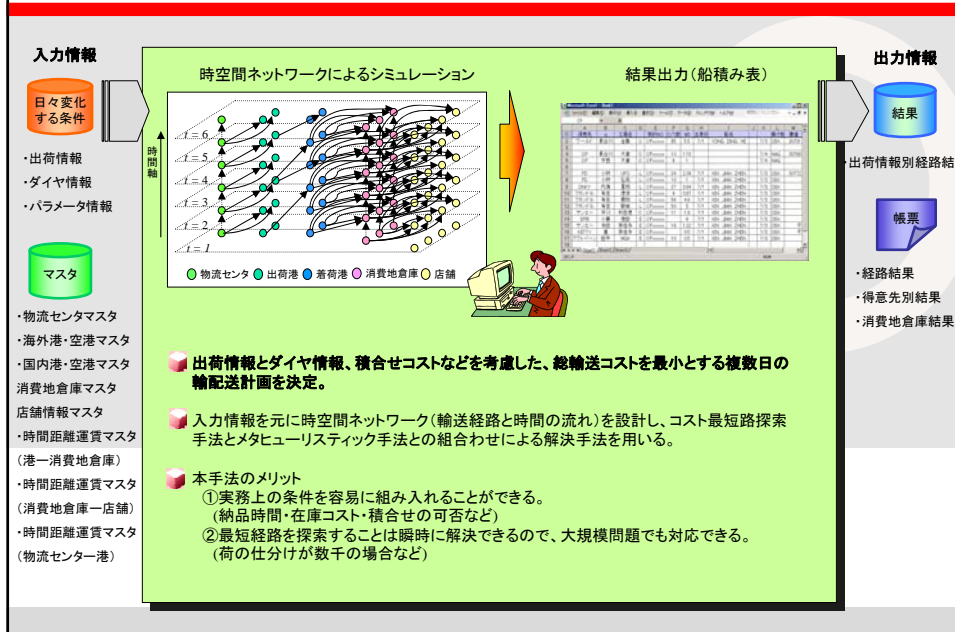
6 All Rights Reserved Copyright(C) 株式会社 富士通総研 2007

流通業A社の事例: 輸入ルートの全体最適化

- ① 貨物の最適港揚げによる国内長距離輸送・横持ち輸送の削減により、CO2排出量を削減する。
- ② 貨物の積載効率向上により中国港から国内港への輸送頻度を削減することで、CO2排出量を削減する。
- ③ 納期を遵守しつつ航空機から船へのモーダルシフトを実現することにより、CO2排出量を削減する。



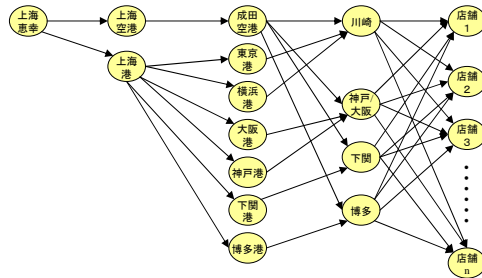
入出力情報と手法概説



1. 最適化を行うための問題点の整理

中国の物流センターから最終消費地までの効率の良い輸送手段と貨物の積み合わせをどのように立案するか？

要素1: ネットワーク



- 空路・航路(・列車)についてはダイヤ情報
- トラック輸送については所要時間
- コスト情報

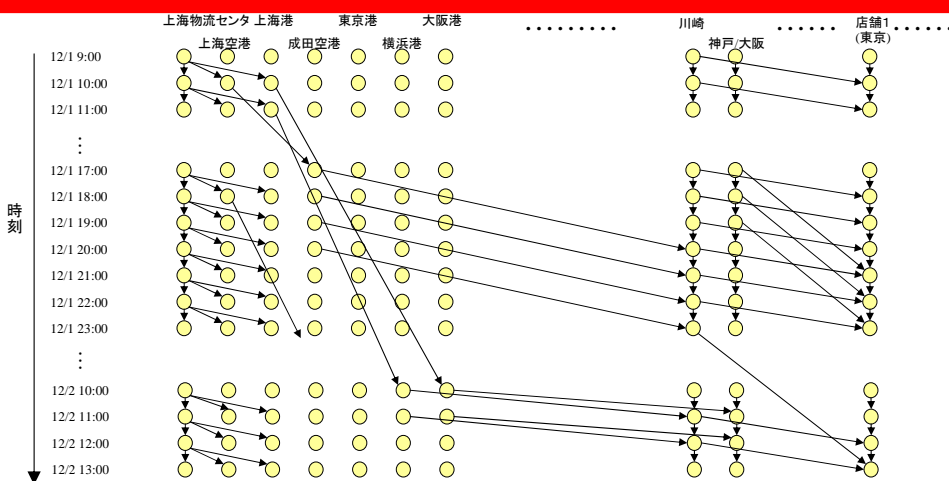
要素2: 荷物 (これ以上分割しない単位で与えられるものとする: 最大10000個程度)

- 出荷可能日時
- 納品先
- 納品期限
- 容積
- 重量 (CO2排出量計算のため)



各荷物の経路と時刻を決定

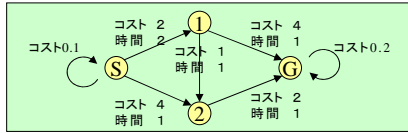
2. 問題を解くための整理(1)時空間ネットワーク



- 各地点・各時刻の組合せを点とする。
- 空路・航路(・列車)のダイヤ情報およびトラックの所要時間がこのネットワーク上で表される。
- 枝(矢印)の上にコスト情報を載せる。
- 時刻の単位は1時間を想定。

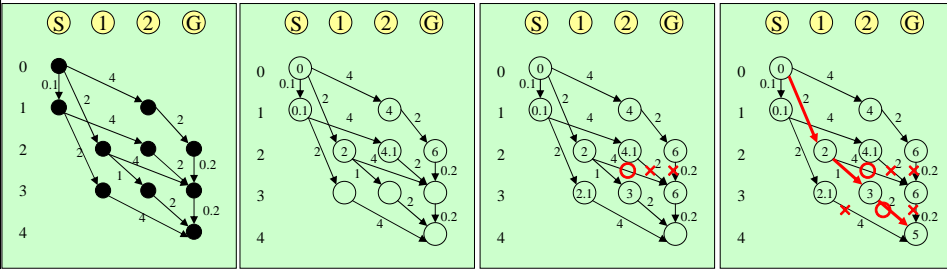
3. 問題を解くための道具(2)時刻依存最短経路問題

例題: 下図において、時刻0でスタートし、時刻4でゴールする経路の中で、コスト最小の経路を求めよ。
ただし、スタートとゴールではその位置にとどまれる(在庫に相当し、在庫コストが発生)こととする。

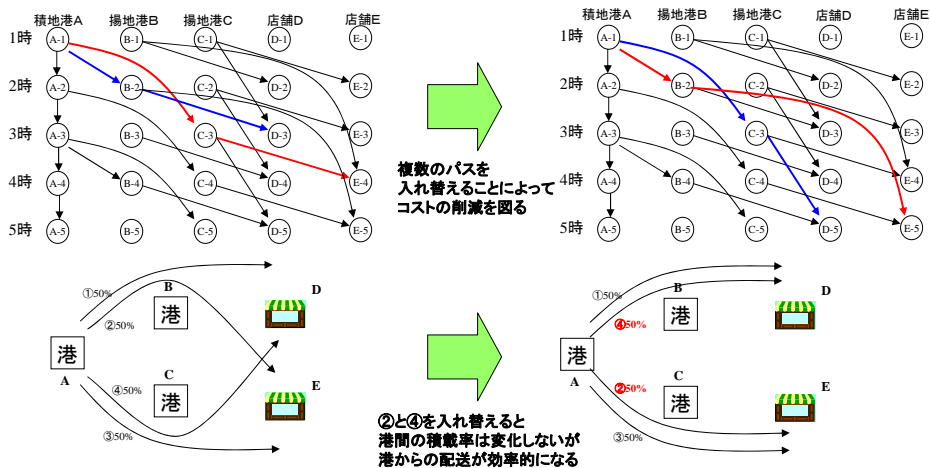


解法: 動的計画法(DP; Dynamic Programming)を利用

1. 時空間ネットワークで表現する
2. 上から順に、その位置に来るまでの最小コストを埋めていく
3. 同じ位置に来る矢印が複数あるときは、コストが安いほうを選ぶ
4. 時刻4でのゴール地点の最小コストと経路が求まる




4. 後処理: 初期解を改善していくメタヒューリスティック手法



このような改善をこの問題に特化した複数のローカルサーチで行う。

まとめ

- 改正省エネ法報告初年度にあたり、荷主・運送事業者共に様子見、または試行錯誤の状況であるが、輸送量とCO2排出量が横並びで公表されることにより、次年度以降、積極的な取組みが予想される。
- CO2削減施策提出も義務化されていることから、物流への戦略的な取組みが求められ、センタ施設配置問題や経路最適化など最適化手法の活躍の場が増加する。
- 物流施策の評価・検証のため、データ収集方法の自動化や評価方法の提示も必要。現場の運用に役立つ現実的な手法が必要となる。



OR技術の活躍に期待！！



FUJITSU

THE POSSIBILITIES ARE INFINITE