

# 貨物의 輸送手段選擇模型 定立

金 洸 植

◀ 目 次 ▶	
1. 序 論	型 定立
2. 貨物의 輸送手段選擇의 概念과 影響要素	(1) 時間價值分布模型의 概念
(1) 概 念	(2) 時間價值分布模型의 基本原理
(2) 接近方法	(3) 時間價值分布模型의  파라메타 推定
(3) 影響要素	(4) 模型適用에 의한 手段別分擔率算定
3. 時間價值分布를 利用한 輸送手段選擇模	4. 結 語

## 1. 序 論

1960年代以後 우리나라 經濟의 高度成長過程에서 生産과 消費規模가 크게 擴大됨에 따라 地域間人的, 物的 輸送需要가 急增하게 되었다. 이와같이 急增하는 輸送需要는 結果的으로 全國規模의 輸送供給體系確立을 要求하고 있으며, 特히 貨物에 대한 輸送能力 確保는 持續的인 經濟成長과 空間組織의 合理化라는 側面에서 볼 때 時急한 課題中의 하나로 登場하고 있다.

交通의 基本的인 機能은 人間과 財貨의 空間的 移動을 通하여 場所效用(place utility)과 時間效用(time utility)을 增大시키는 데 있다.<sup>1)</sup> 貨物(財貨)의 效用價值增大는 合理的인 輸送體系形成이 要求되며 이를 위해서는 各 貨物의 流通特性, 地域別 產業經濟特性 및 輸送手段間의 競爭狀態를

把握함으로써 將來의 貨物의 地域間 輸送需要를 豫測하여 보다 體系的인 交通計劃을 樹立할 수 있게 된다.

交通計劃의 窮極的 目標은 交通體系를 合理化하여 交通서비스의 質을 增大시키는데 있다.<sup>2)</sup> 오늘날 交通政策樹立에 必要한 交通需要豫測은 地理學<sup>3)</sup>, 經濟學, 統計學, 工學等 隣接科學의 分析技法을 通하여 接近되고 있는바 여기서는 交通計劃的인 側面에서 接近하였다. 本稿는 交通計劃의 한 段階인 輸送手段選擇過程을 中心으로 그 概念과 影響要素를 把握하고, 나아가서 우리나라 貨物 輸送을 擔當하고 있는 鐵道, 트럭, 船舶에 대한 貨主의 時間價值 分布를 分析하여 輸送手段別 理論的 分擔模型을 提示함으로써 交通政策樹立에 活用될 수 있도록 하는데 그 目的이 있다.

本研究의 模型定立에 必要한 貨物의 起終點輸送量, 地域間 輸送手段別 輸送費用 및 所要時間에

1) 潘 柄吉, 1971, 交通產業論, 博英社, 서울, pp. 17~18.

2) Baewal, J. E., editor, 1976, *Transportation and Traffic Engineering*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, pp. 560~561.

3) 地理學의 한 分野인 交通地理學(transportation geography)은 空間分析에 重點을 맞추어 ① 交通網을 形成하고 있는 링크 및 흐름(flow)狀態, ② 링크로 連結되는 結節地(nodes or centres) ③ 交通網과 連結되는 背後地(hinterlands) 및 階層關係(hierarchical relationship) 등 空間構造와 空間組織의 究明을 中心으로 하고 있다.

Taaffe, E. J. & H. L., Gauthier, 1973, *Geography of Transportation*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, M. J., pp. 1~33.

Wheeler, J. O., 1973, "Spatial and policy perspectives in transportation geography," *Economic Geography*, Vol. 49, p. 11.

關한 基礎資料는 KIST의 調查報告書를 根據로 삼았다.

## 2. 貨物의 輸送手段選擇의 概念과 影響要素

### (1) 概念

輸送手段選擇(modal choice)<sup>4)</sup>은 한 地域의 總 輸送需要量 또는 地域間 輸送需要量을 相互競爭關係에 있는 交通手段別로 分擔하는 過程을 意味한다<sup>5)</sup>. 交通手段選擇 또는 交通手段別分擔에 關한 研究는 都市交通의 사람通行에서 많이 다루어져 왔는데 여기서는 이를 援用하여 概念을 定立하고, 貨物輸送에서의 輸送手段選擇과 關聯시켜 展開하기로 한다.

交通手段別分擔은 그림 1과 같이 通行分布(trip distribution) 段階를 基準으로 하여 그 前에 하는 方法과 그 後에 하는 方法으로 大別할 수 있는

데, 前者의 方法을 通行端 交通手段別分擔(trip-end modal split)이라 하고, 後者를 通行配分 交通手段別分擔(trip-interchange modal split)이라 한다.<sup>6)</sup> 中小都市 交通計劃에서는 주로 前者의 方法이 使用되어 왔는데 이 方法의 基本假定은 交通手段利用者는 交通手段의 서비스特性에 대해 相對的으로 無觀心한 反面, 利用者의 社會·經濟的 特性에 의해 交通手段을 選擇할 것이라는 것이다. 이에 비해 大衆交通手段이 잘 發達된 大都市에서는 後者의 方法을 使用하는 경우가 많은데 이는 利用者의 社會經濟的인 特性뿐만 아니라 各 交通手段의 相對的인 서비스水準까지 고려할 수 있다는 長點을 지니고 있기 때문이다.

그러나 交通手段別分擔을 推定하는 過程에 있어 이러한 二分法은 어느 정도 獨斷的이 되기 쉽기 때문에 眞正한 意味에서는 두가지 類型의 分析方法을 서로 結合하여 交通手段別分擔過程에 必要한 諸特性이 充分히 反映될 수 있도록 概型을 定立해야 할 것이다.

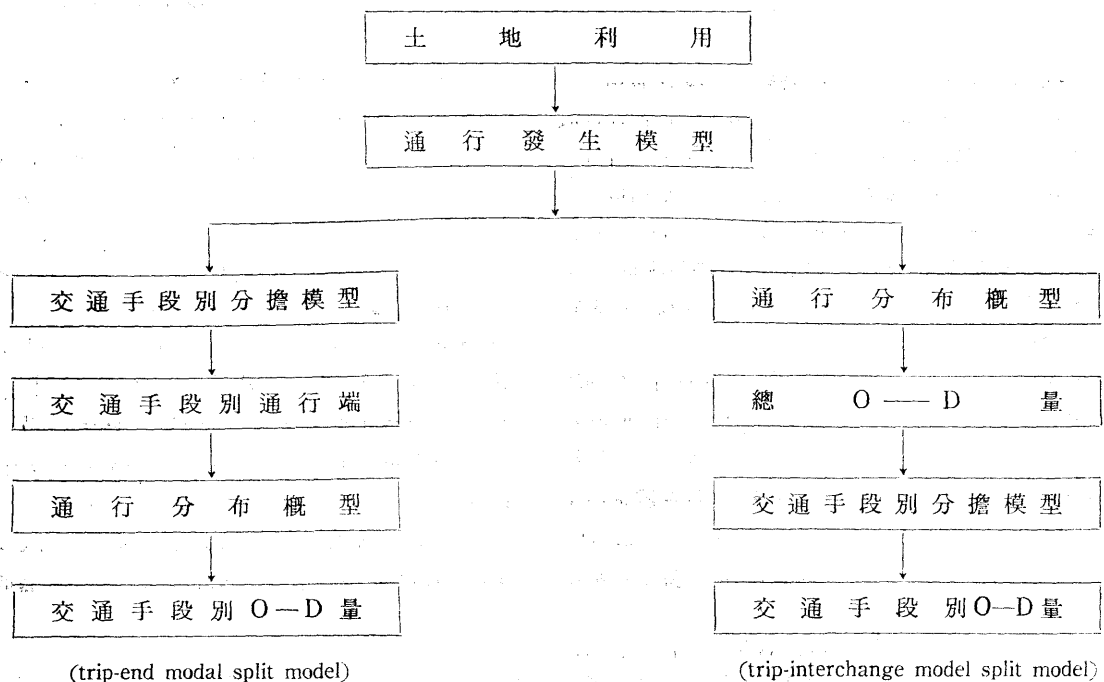


그림 1. 交通手段別 分擔模型間의 差異

出處 : Hutchinson, B. G., *ibid.*, p. 56

4) 輸送手段選擇(modal choice, mode choice)은 경우에 따라서 交通手段別分擔(modal split)과 混用되고 있다.

5) Wilson, A. G., 1974, *Urban and Regional Models in Geography and Planning*, John Wiley & Sons, London, pp. 140~144.

6) Hutchinson, B. G., 1974, *Principles of Urban Transport Systems Planning*, Scripta Book Company, pp. 55~56.

都市內 또는 地域間에 相互競爭關係에 있는 交通手段의 選擇은 交通手段의 서어비스特性 뿐만아니라 利用者의 特性 및 通行自體의 特性和 密接한 關係를 가지는 하나의 複合的인 決定에 의해 이루어진다.<sup>7)</sup> 여기에서 말하는 交通手段의 特性은 所要時間, 費用, 安全性, 快適性, 便利性, 信賴性, 接近性, 頻度數 등을 意味하며, 利用者의 特性으로서는 年齡, 性別 등 人間의 物理的인 屬性和 職業, 所得, 地位 등 社會·經濟的인 特性을 들 수 있다. 또한 通行自體의 特性은 通行時間, 距離 등을 一定基準을 設定, 이를 計量化하여 考慮되고 있다.

한편, 貨物의 輸送手段選擇에 影響을 주는 特性은 위에서 列擧한 特性以外 貨物自體가 가지는 特性, 卽 貨物의 形態, 重量, 容積, 性質과 納期 등이 包含된다. 貨物의 輸送手段選擇은 이와같이 交通手段의 特性, 利用者(consignor), 流通經路 및 貨物自體의 特性把握이 重要한 作業이며 이들의 諸特性을 計量化함으로써 將來의 交通手段別分擔率을 推定할 수 있다.

## (2) 接近方法

交通需要模型(travel demand model)에 있어서 사람通行의 경우는 通行者가 어떤 交通手段을 選擇할 것인가의 交通手段選擇過程에 대하여 많은 學者들에 의해 集中的으로 研究되어 왔다.<sup>8)</sup> 그러나 貨物의 경우는 輸送特性이 複雜多樣하고, 地域에 따라 각기 다르기 때문에 輸送手段選擇에 關한 理論定立이 사람의 경우보다 多少 뒤떨어진 것이 事實이다. 最近 貨物輸送이 都市 및 地域間 交通計劃樹立에 매우 큰 比重을 차지하고 있음을 認識하여 貨物輸送에 대한 調查方法, 輸送需要豫測方法 및 輸送手段選擇에 關하여 體系的인 接近方法이 論議되고 있다.<sup>9)</sup>

現在까지 論議되어온 貨物의 輸送手段選擇에 關한 接近方法은 크게 두가지로 나눌 수 있는데 經

驗的 接近方法(empirical-type approach)과 行態的 接近方法(behavioral approach)이 그것이다<sup>10)</sup>. 經驗的 接近法은 交通手段利用者, 貨物輸送量의 規模, 貨物의 形態 및 種類, 輸送距離를 總量의 (aggregate)으로 把握하려는 것으로서 初期段階부터 現在까지 作業의 單純性 때문에 널리 使用되어온 方法이다. 이 方法은 過去의 輸送手段別 分擔實績을 利用하여 輸送與件이 變하지 않는 한 將來의 分擔率을 쉽게 豫測할 수 있다는 長點이 있는 反面, 한 時點에서 特定한 輸送與件밖에 反映할 수 없어, 輸送費用 및 時間 등 影響要素의 變動에 따른 輸送政策의 適否를 判斷하는데는 限界가 있다.

이에 비해 行態的 接近方法은 人間의 空間行態分析<sup>11)</sup>을 通하여 사람 및 貨物의 交通手段選擇分析에 많이 利用되고 있는데 이 方法은 交通手段利用者集團을 總量平均的으로 取扱하지 않고, 利用者의 特性에 따른 交通需要發生과 關係되는 利用者의 行態因子를 究明한 뒤 將來 豫測을 위하여 總量化하는 것이다.<sup>12)</sup> 여기서 말하는 行態(behavior)는 利用者의 實際行爲로 나타난 結果를 意味하며 아직 行爲로 나타나지 않은 觀念狀態(attitude)와는 區分된다.<sup>13)</sup> 따라서 行態는 여러가지 代案(alternatives)中에서 어떤 代案을 選擇할 것인가를 決定하는 人間의 行爲로서 이는 事前的으로 把握될 수는 없으나 觀念狀態에서 일단 現實的으로 나타난 結果는 客觀的 測定이 可能하다. 交通需要模型은 客觀的으로 觀測된 人間行態를 科學的方法에 의해 定立될 수 있으므로 오늘날 이와같은 方法을 適用하여 사람 및 貨物의 交通手段選擇模型이 定立되고 있다.

貨物의 地域間輸送에 있어서 그 對象이 되는 것은 貨物 그 自體이지만 輸送行爲는 貨主에 의해 發生되므로 輸送手段選擇의 最終決定者는 貨主 自身이다. 따라서 貨物輸送은 언제, 어디서 어떤 經

7) Heggie, I.G., 1976. *Modal Choice and the Value of Travel Time*, Clarendon Press, Oxford, pp. 48~49.

8) 林 岡源, 1975, "京仁間道路交通利用의 社會的適正化를 위한 行態分析의 管理方案에 關한 研究," 大韓土木學會 論文集, 第 23 卷, 第 4 號, p. 85.

9) U. S. Department of Commerce, 1973, *An Urban Goods Movement Project and Data Sources*, MIT, pp. 3~5.

10) Hutchinson, B.G., O'Brien, W.B. & I.N., Dawson, 1975, "A national commodity flow model," *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 2, No. 3, p. 229.

11) 空間行態概念은 다음의 論文을 參照할 것. 金 仁, 1978, "現代地理學의 思考와 研究方向," 地理學論叢, 第 5 卷, p. 6.

12) 林 岡源, 前掲書 8) p. 85.

13) Domencich, T. A. & D., McFadden, 1975, *Urban Travel Demand A Behavioral Analysis*, North Holland/American Elsevier, p. 10.

路를 따라, 어느 輸送手段을 選擇할 것인가는 利用者(貨主)의 行態와 直結된다. 交通手段選擇에 대한 行態的 接近法은 貨物輸送에서 나타나는 利用者의 行態와 交通體系가 가지고 있는 諸特性과 與件間의 相互關聯性的 究明에서 出發한다.<sup>14)</sup> 行態的 接近法은 交通體系의 諸變數에 比較的 敏感하여 交通政策의 代案別 影響度를 쉽사리 測定할 수 있다는 利點이 있는 대신, 影響要素의 將來推定을 위한 資料蒐集이 어렵고 또 模型化하는 過程이 複雜하다는 短點이 있다. 그러나 行態的 接近法이 오늘날 많이 試圖되는 것은 輸送需要를 體系分析的인 方法으로 豫測할 수 있고, 輸送手段選擇의 影響要素를 確率技法等에 의하여 利用者의 行態를 模型으로 定立함으로써 把握할 수 있기 때문이다.

### (3) 影響要素

貨物の 輸送手段選擇에 影響을 주는 一般的인 要素는 輸送手段의 서어비스 特性, 利用者의 特性, 流通經路의 特性 및 輸送對象貨物의 特性에서 찾을 수 있다함은 前述한 바와 같다.

貨物の 輸送手段選擇要素는 貨物이 生産地에서 消費地로 流通되는 過程이 複雜하고 또 貨物自體가 가지는 特性때문에 사람通行에 있어서의 交通手段選擇보다 影響要素의 設定이 매우 어렵다. 예를들어 貨物中 긴급을 要하는 品目이나 雇客의 消費性向이 不規則한 商品, 또는 腐敗性이 강한 食料品, 水產品이나, 貴金屬과 같은 高價品은 輸送費用보다 時間에 敏感하기 때문에 速度가 빠른 輸送手段을 要求한다. 뿐만아니라 貨物은 原料狀態

特 性 別	諸 要 素
輸送手段 및 施設의 特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 所要時間(運行時間, 小運送時間, 上下車時間, 荷役時間)</li> <li>○ 輸送費用(運賃, 端末輸送費, 換積費用)</li> <li>○ 便利性</li> <li>○ 快適性</li> <li>○ 信賴性(規則性)</li> <li>○ 安全性(損失, 破損)</li> <li>○ 接近性(門前輸送)</li> <li>○ 頻度數(運行回數)</li> <li>○ 換積施設</li> <li>○ 連繫手段</li> </ul>
利用者의 特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 生産施設規模</li> <li>○ 經營 및 財務構造</li> <li>○ 組織</li> <li>○ 自家輸送手段保有與否</li> </ul>
流通經路特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 流通經路의 段階</li> <li>○ 貨物의 狀態(原料, 半製品, 完製品)</li> <li>○ 流通距離</li> <li>○ 保管施設</li> <li>○ 上下車方法</li> <li>○ 包裝狀態</li> </ul>
貨物特性	<ul style="list-style-type: none"> <li style="width: 20%;">○ 價格</li> <li style="width: 20%;">○ 重量</li> <li style="width: 20%;">○ 容 積</li> <li style="width: 20%;">○ 損壞性</li> <li style="width: 20%;">○ 腐敗性</li> <li style="width: 20%;">○ 引火性</li> <li style="width: 20%;">○ 代替性</li> </ul>

표 1. 貨物の 輸送手段選擇에 미치는 諸要素

出處: Roudier, J., 1977, "Evaluation of demand: freight transport," *Seventh International Symposium on Theory and Practice in Transport Economics*, London, pp.79~83. Ballou, R. H., 1973, *Business Logistics Management*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, p.90.

14) *ibid.*, p. 5.

에서 流通過程에 따라 半製品, 完製品으로 變化하기 때문에 貨物의 狀態에 따라 輸送手段選擇이 달라진다. 또 貨物은 品目에 따라 長距離 輸送手段을 當然히 選擇해야 하는 것도 있으며, 生活必需品와 같은 一般雜貨의 경우는 門前서어비스(door-to-door service)를 要求하므로 トラック輸送이 더 有利한 경우도 있다.

이와같이 貨物은 사람通行에서의 交通手段選擇의 影響要素보다 더 많은 要素에 의해 輸送手段이 選擇됨을 알 수 있다. 貨物의 輸送手段選擇模型을 定立함에 있어서 이러한 要素를 모두 고려함이 바람직하지만 計量化가 어려운 要素들도 包含되어 있다.

따라서 模型을 定立할 때는 各 要素의 屬性을 把握하여 獨立的인 要素와 相互複合的인 要素로 區分하여 現實의으로 가장 適合한 要素推导出이 先行되어야 할 것이다. 표 1은 貨物의 輸送手段選擇에 있어서의 影響要素를 列舉한 것이다.

표 1에서 보는 바와같이 貨物의 輸送手段選擇에 미치는 影響要素는 여러가지로 分類할 수 있는 바 이들 모든 要素를 說明變數로 採擇하는 데는 制約이 있다. 왜냐하면 利用者가 貨物을 輸送할 때 貨物의 性質에 따라 手段을 달리 選擇하게 되므로, 이때 判斷의 基準이 되는 것은 各要素의 相對的 計量值이다. 따라서 貨物의 輸送手段選擇時 利用者의 動機는 이들 諸要素의 計量化에 의해서 把握될 수 있으므로 計測이 可能한 要素를 選定해야 한다.

오늘날 輸送手段選擇分析에서 많이 利用되고 있는 技法은 앞서 말한 바와 같이 利用者의 行態分析方法인 바, 그 基本概念은 相異한 交通手段을 利用했을 때 利用者가 느끼는 非效用性(disutility)을 計量化하여 手段間의 差異를 分析하는 것으로서, 이때 非效用性을 貨弊單位로 表示하는 一般化된 費用(generalized cost)을 算定하여 서로 比較할 수 있다.<sup>15)</sup> 여기서 말하는 一般化된 費用은 交通(通行)이란 通行人에게 많은 不便을 줄 것이란 點에 着眼하여 交通에서 發生하는 不便의 程度<sup>16)</sup>

를 費用으로 換算한 것으로 이러한 不便의 程度는 通行人의 社會·經濟的 特性에 따라 달리 나타난다.

最近의 交通手段選擇模型<sup>17)</sup>은 大部分 一般化된 費用 概念을 導入하여 交通手段別 相對費用(relative cost)을 利用者의 特性에 따라 算定, 이를 基準하여 手段別分擔率을 求하고 있다. 이와같은 概念은 貨物의 輸送手段選擇模型에도 導入되어 鐵道, トラック, 船舶等 利用者가 各 手段을 利用할 때 所要되는 諸費用 및 時間을 一般化된 費用으로 換算하여 輸送手段間 選擇基準의 指標로 삼고있다.<sup>18)</sup>

### 3. 時間價值分布를 利用한 輸送手段選擇模型 定立

#### (1) 時間價值分布模型의 概念

時間價值分布模型(time value distribution model)은 輸送手段選擇에 미치는 諸要素中 計量化가 比較的 容易한 輸送費用과 所要時間을 說明變數로 採擇하여 이것에 의한 一般化된 費用이 最小가 되는 手段이 選擇될 것이라는 假定下에서 出發하였다.<sup>19)</sup> 어떤 地域 O 와 地域 D 間에 費用과 時間이 各各 다른 여러 個의 輸送手段이 存在한다고 하면, 이들 地域間에 貨物을 輸送하려는 貨主는 크게 두가지 類型의 集團으로 區分할 수 있다. 卽 輸送手段利用者 集團 A 는 各 手段이 가지고 있는 輸送費用과 所要時間을 고려하여 輸送費는 비싸지만 所要時間이 적게 걸리는 手段을 選擇하는 경우이고, 集團 B 는 所要時間이 많이 걸려도 輸送費가 싼 手段을 選擇하는 두가지 集團을 想定할 수 있다. 集團 A 의 경우는 時間에 높은 價值를 賦與하기 때문에 輸送費用이 높아도 時間이 빠른 手段을 擇하는 것이 自己에게 有利하다고 생각하는데 비해, 集團 B 의 경우는 時間價值를 낮게 評價하기 때문에 輸送費에 높은 比重을 두는 경우이다. 이때 所要時間을 一般化된 費用으로 換算하기 위해서는 어떤 係數가 必要한데 이를 利用者의 時間當 所要喪失額 또는 時間價值(time value)라 한다.<sup>20)</sup>

15) Hutchinson, B.G., *ibid.*, p. 69.

16) 不便의 程度는 交通料金, 時間, 待機時間, 駐車時間, 駐車費, 車輛運營費 등으로 表示된다.

17) 例를들면 判別分析(discriminant analysis), 프로빗分析(probit analysis), 로짓分析(logit analysis) 등은 二進數選擇模型 또는 選多型模型으로 接近된 것이다.

18) Craig, T., *ibid.*, p. 24.

19) 運輸經濟研究センター, 昭和 47., わが國の 總合交通體系, p. 129.

20) 三菱總合研究所, 昭和 46, 日本國有 鐵道旅客·貨物輸送需要豫測報告書, p. 122.

輸送手段選擇時 利用者の 時間價値는 貨物의 種類에 따라 다르고, 同一한 貨物이라도 利用者の 個別集團에 따라 各已 時間價値가 다르다. 이렇게 各各 달리 나타나는 利用者の 時間價値를 利用者別, 貨物別로 把握한다는 것은 대단히 방대한 作業이므로 이를 特定貨物에 대한 地域別 利用者集團別로 總量的으로 把握하면 어떤 確率分布를 이루게 될 것이다. 우리나라에서는 아직 利用者の 時間價値分布에 관한 調査가 없으나 日本의 調査事例에 의하면 時間價値分布가 對數正規分布(log-normal distribution)를 이루는 것으로 集計되었다.<sup>21)</sup> 本稿에서는 日本의 適用例를 基礎로 하여 우리나라 貨物輸送手段選擇에 있어서 利用者の 時間價値分布를 定立하여 이에 따른 地域間 貨物輸送量의 手段別分擔率을 推定하였다.

## (2) 時間價値分布模型의 基本原理

時間價値分布模型은 輸送手段의 여러 特性中 計量化가 可能한 特性인 輸送費用과 所要時間을 說明變數로 採擇한 模型으로서, 한 地域間에 特定貨物을 輸送할 때 다음과 같은 關係式이 成立될 수 있다.

$$S_i = C_i + \omega \cdot T_i \quad (1)$$

여기서  $S_i$  = 手段  $i$  의 總費用  
 $C_i$  = 手段  $i$  의 輸送費  
 $T_i$  = 手段  $i$  의 所要時間  
 $\omega$  = 利用者の 時間價値

時間價値는 手段利用者에 따라 各各 다르게 나타날 것이므로  $S_i$ 는 (1) 式에 의해 定해지는 時間價値( $\omega$ )의 函數로 생각할 수 있다. 例를 들면 한 地域間에 相互競爭關係에 있는 手段이 2個( $i = 1, 2$ )가 있다고 하면 ①  $C_1 > C_2, T_1 > T_2$  ②  $C_1 > C_2, T_1 < T_2$  ③  $C_1 < C_2, T_1 > T_2$  ④  $C_1 < C_2, T_1 < T_2$ 의 4가지 경우를 想定할 수 있다. 여기서 利用者에게 選擇의 餘地가 되는 것은 ②, ③과 같이 輸送費가 비싼 대신 時間이 적게 걸리는 경우와 그 反對의 경우에 봉착할 때이다. 그림 2에서 보는 바와 같이 手段 1과 手段 2가 서로 만나는 點의 時間價値를  $\omega_0$ 라 할 때  $C_1 < C_2$ 이고  $T_1 > T_2$  라면  $\omega_0 = \frac{C_2 - C_1}{T_1 - T_2}$  이 되어  $\omega \leq \omega_0$  이면  $S_1 \leq S_2$  가 되어 利用者는 手段 1을 選擇할 것이고,  $\omega > \omega_0$  이면  $S_1 > S_2$  가 되어 利用者는 手段 2를 選擇하게 될 것이다. 그런데 利用者の 時間價値分布는 어떤 確率分布를

이른다고 假定한다면  $\omega \leq \omega_0$  인 빗금친 部分에 該當하는 比率만큼은 手段 1의 分擔率이 되고 나머지가 手段 2의 選擇分擔率이 된다. (그림 2. 參照)

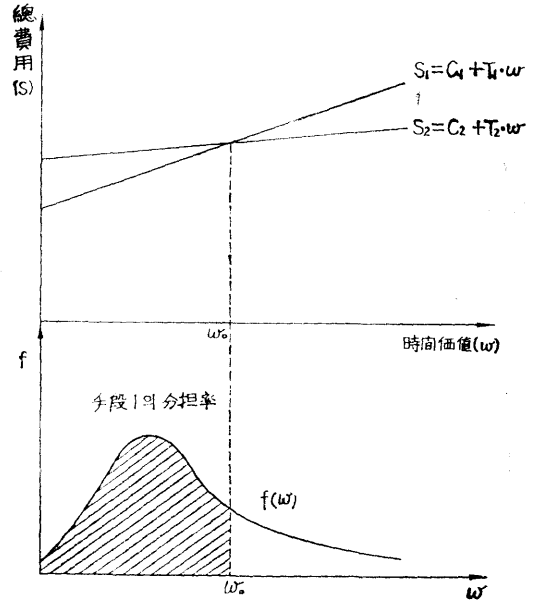


그림 2. 輸送手段別 時間價値分布

本稿에서는 日本의 適用例를 參照하여 利用者の 輸送手段選擇에 있어서의 時間價値分布  $f(\omega)$ 는 對數正規分布를 한다고 假定하였으며, 그 確率密度函數(probability density function)는 다음과 같다.

$$f(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot \frac{1}{\omega} \cdot e^{-\frac{(\log\omega - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (\omega > 0)$$

$$= 0 \quad (\omega \leq 0)$$

따라서 時間價値의 媒介變數(parameter)인  $\mu$  (平均)와  $\sigma$  (標準偏差)가 주어진다 면 各 手段別 分擔率은 다음과 같이 하여 求할 수 있다.

$$\text{手段 1의 分擔率} = \int_{-\infty}^{\omega_0} f(\omega) d\omega \quad (2)$$

$$\text{手段 2의 分擔率} = \int_{\omega_0}^{\infty} f(\omega) d\omega$$

$$= 1 - \int_{-\infty}^{\omega_0} f(\omega) d\omega$$

(2) 式의 計算을 容易하게 하기 위하여  $Z = \frac{\log\omega - \mu}{\sigma}$  로 標準化된 正規分布로 變換하면 各手段別分擔率은 (3) 式과 같이 求할 수 있다.

$$\text{手段 1의 分擔率} = P\left\{Y = \frac{1}{\sigma} (\log\omega_0 - \mu)\right\} \quad (3)$$

21) 前掲書, p. 123.

手段 2 의 分擔率 =  $1 - P\left(Y = -\frac{1}{\sigma}(\log \omega_0 - \mu)\right)$

但,  $P(Y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Y e^{-\frac{z^2}{2}} dz$

以上에서 살펴본 2 개의 手段을 n 개의 手段으로 增加시켜도 그 分析方法에는 變함이 없다.

(3) 時間價值分布模型의 파라메타推定

前述한 바와같이 時間價值分布模型에 있어서 파라메타인  $\mu$  와  $\sigma$  를 求하면 輸送手段別 分擔率을 推定할 수 있음을 알았다. 그러나  $\mu, \sigma$  는 어디까지나 模型에 있어서의 파라메타이다. 따라서 地域間 O—D(origin and destination) 資料上에 나타나는 各 輸送手段別 實績分擔率과 輸送費, 所要時間을 調査함으로써 파라메타를 推定할 수 있다.

(3)式에서 본 바와같이  $share\ 1 = P\left(\frac{1}{\sigma}(\log \omega - \mu)\right)$  (但,  $P(Y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Y e^{-\frac{z^2}{2}} dz$ ) 이므로  $P^{-1}(share\ 1) = \frac{1}{\sigma}(\log \omega - \mu)$  가 된다. 이 때  $P^{-1}(share\ 1)$  를 正規化된 分擔率이라 한다면 正規化된 分擔率은  $\log \omega$  卽, 時間價值와 相互 線型된 關係

가 있음을 알 수 있다. 따라서 實際로 調査된 資料에서 各 手段別 正規化된 分擔率을 從屬變數로 하고 時間價值  $\omega$  의 對數值  $[\log(\omega i)]$  를 說明變數로 한 線型回歸模型을 定立하여 이것의 係數(coefficient)를 推定할 수 있다. 卽,  $P^{-1}(share\ i) = b - a \log \omega i$  (4)라 두고, 最小自乘法으로  $a, b$  를 推定할 수 있다.

한편 理論的 輸送手段分擔率은 (3)式에서 본 바와같이 正規化된 分擔率을  $\log \omega$  로 表示하면  $P^{-1}(share\ i) = \frac{1}{\sigma}(\log \omega - \mu)$  가 되므로 線型回歸模型에 의해서 求한  $P^{-1}(share\ i) = b + a \log \omega$  와 一致하게 된다. 다시 말하면  $P^{-1}(share\ i) = \frac{1}{\sigma}(\log \omega - \mu) = \frac{1}{\sigma} \log \omega - \frac{\mu}{\sigma} = b + a \log \omega$  가 된다. 따라서  $a = \frac{1}{\sigma}, b = -\frac{\mu}{\sigma}$  인 關係가 成立되므로  $\sigma = \frac{1}{a}, \mu = -\frac{b}{a}$  가 되어  $a, b$  를 求함으로써 模型에 있어서의 파라메타인  $\mu, \sigma$  를 推定할 수 있다. 以上의  $\mu, \sigma$  推定過程을 圖式化하면 그림 3 과 같다.

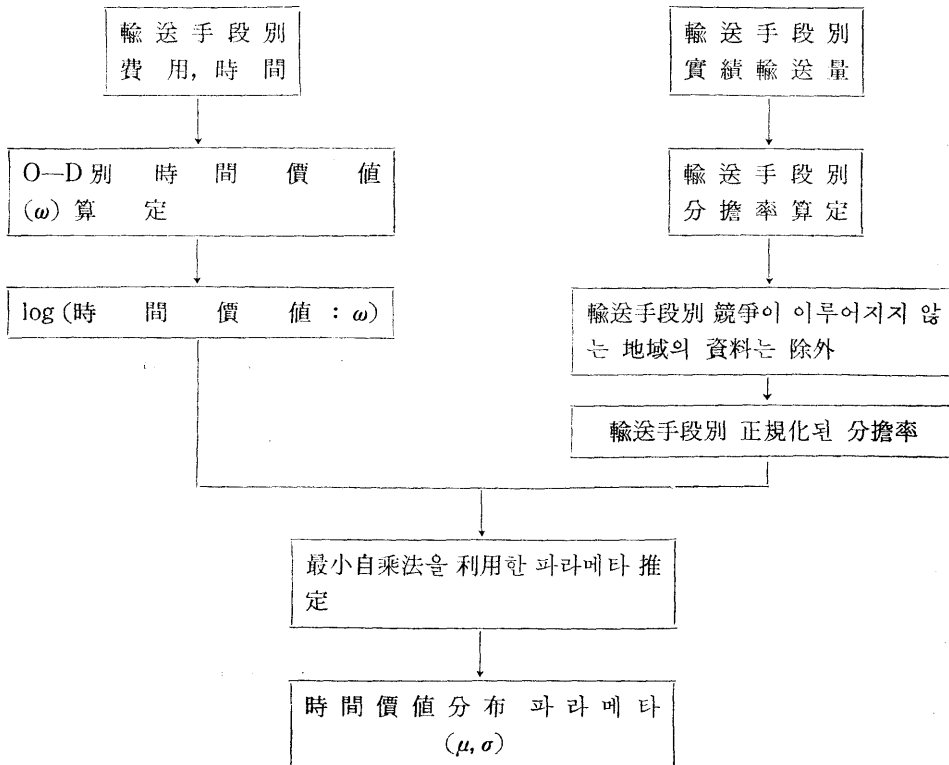


그림 3. 파라메타 推定過程

(4) 模型適用에 의한 手段別分擔率 算定

時間價值分布模型에 必要한 地域間 O—D 實績值, 手段別 輸送費 및 所要時間 等の 基礎資料는 KIST 가 調査한 全國貨物起終點輸送量<sup>22)</sup>을 參考하였다.

同 調査는 全國을 63個地域으로 區分하여 이들 地域間的 品目別, 手段別 輸送量을 把握하였는데 本篇에서는 이들 調査資料中 鐵道, トラック 및 沿岸船舶이 서로 競爭狀態에 있는 23個地域間 O—D를 基本資料로 삼았다. 한편 手段別 輸送費는 運賃, 上下車費, 荷役費 및 端末輸送費가 고려된 1978年 基準值와 所要時間은 運行時間, 待期時間 및 端末輸送時間이 包含된 調査資料를 利用하였다.<sup>23)</sup>

이와같은 調査資料를 基準으로 하여 (4)式에서 誘導한  $a, b$ 를 求하기 위하여 地域間 手段別 實績分擔率의 正規化된 分擔率을 從屬變數로 하고, 時間價值  $\log \omega$ 를 說明變數로 하여 座標上에 表示

한 結果 그림 4와 같이 나타났다. 그림에서 보는 바와같이 傾向值에서 벗어나는 特異點은 地域間 貨物輸送時 費用과 時間以外的 要素에 더 影響을 받거나, 또는 時間價值分布가 對數正規分布를 하지 않는 경우를 나타내는 點들이므로 模型의 精密度를 向上시키기 위하여 이를 除去하였다.

特異點을 除去한 後, 最小自乘法에 의해 直線의 기울기와 切片 卽,  $a, b$  값을 求한 結果  $a=0.85995$   $b=-4.30421$ 로 計算되었다. 따라서 正規化된 實績分擔率  $P^{-1}(\text{share } i) = -4.30421 + 0.85995 \log \omega$  이 된다. ( $r^2=0.95047$ )

實績分擔率의 係數  $a, b$ 가 求해졌으므로 理論分擔率의 파라메타는 前節에서 誘導한  $\mu = -\frac{b}{a}, \sigma = \frac{1}{a}$ 의 關係式에서  $\mu=5.0052, \sigma=1.16286$ 으로 推定된다.<sup>24)</sup>

以上에서 求해진  $\mu, \sigma$ 로써, 理論分擔率이  $P^{-1}(\text{share } i) = \frac{1}{\sigma}(\log \omega - \mu)$ 가 되므로 다음 式에 의

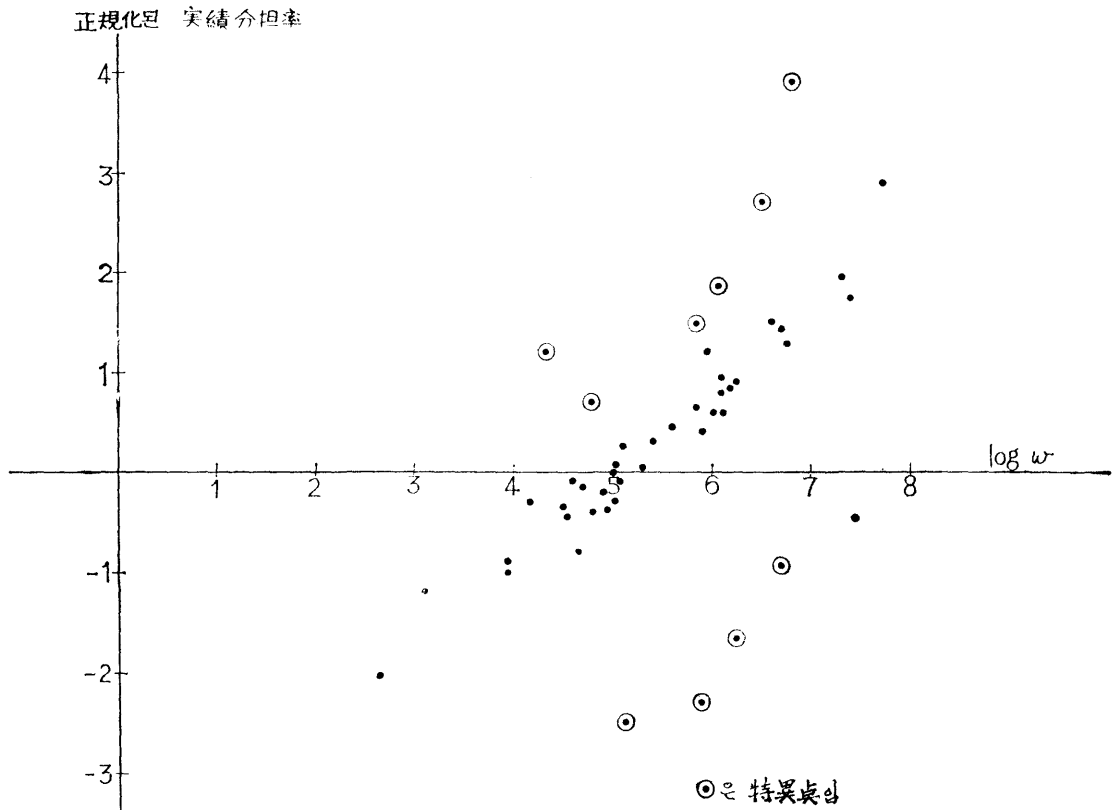


그림 4. 實績分擔率과 時間價值( $\log \omega$ )의 關係圖

22) KIST, 1978, 沿岸海運輸送能力強化를 위한 研究(卷二), pp. 653~668.

23) 輸送費, 所要時間 및 時間價值[ $\log(\omega_i)$ ] 資料는 前掲書, pp. 358~359. 에 收錄되어 있다.

24) 여기서 求해진  $\mu$ 와  $\sigma$  값을 日本의 경우와 比較하면  $\mu$ 는 높은 水準이며(日本: 1.0~5.6),  $\sigma$ 는 中間水準을 보여 주고 있다(日本: 0.6~1.8). 三菱總合研究所, 前掲書, p. 130.



丑 2. 地域間 輸送手段別 実績 및 理論分擔率

(單位: 屯)

出發地	到着地	總 輸送量	實績分擔率			理論分擔率		
			트럭	鐵道	船 舶	트럭	鐵道	船 舶
仁 川	木 浦	49,013	10,564 (0.216)	3,051 (0.164)	30,398 (0.620)	8,487 (0.1711)	9,048 (0.1846)	31,579 (0.6443)
仁 川	麗 水	85,026	26,991 (0.317)	19,329 (0.227)	38,706 (0.456)	19,012 (0.2236)	34,172 (0.4019)	31,842 (0.3745)
仁 川	釜 山	624,590	323,443 (0.518)	200,617 (0.321)	100,530 (0.161)	307,111 (0.4917)	202,492 (0.3242)	114,987 (0.1841)
蔚 山	仁 川	11,923	3,177 (0.266)	1,570 (0.132)	7,176 (0.602)	2,226 (0.1867)	3,213 (0.2695)	6,484 (0.5438)
木 浦	仁 川	68,810	5,194 (0.075)	17,092 (0.248)	46,524 (0.676)	12,303 (0.1788)	8,925 (0.1297)	47,582 (0.6915)
麗 水	仁 川	2,105,457	241,356 (0.114)	250,102 (0.119)	613,999 (0.287)	380,246 *(0.1806)	814,601 *(0.3869)	910,610 (0.4325)
麗 水	長 項	27,845	850 (0.031)	14,995 (0.539)	12,000 (0.431)	4,979 *(0.1788)	9,609 *(0.3451)	13,257 (0.4761)
麗 水	群 山	294,053	1,322 (0.004)	162,257 (0.552)	130,474 (0.444)	28,464 (0.0968)	145,320 (0.4942)	120,268 (0.4090)
麗 水	釜 山	768,466	24,395 (0.032)	30,844 (0.040)	713,227 (0.928)	17,521 (0.0228)	42,266 (0.0550)	708,679 (0.9222)
三 千 浦	仁 川	16,621	16,457 (0.990)	62 (0.004)	102 (0.006)	3,667 *(0.2206)	3,653 *(0.2198)	9,301 *(0.5596)
三 千 浦	釜 山	227,492	140,590 (0.618)	59,375 (0.261)	27,527 (0.121)	103,600 (0.4554)	111,926 (0.4920)	11,966 (0.0526)
釜 山	仁 川	303,932	151,361 (0.498)	100,024 (0.329)	52,547 (0.173)	149,534 (0.492)	98,444 (0.3239)	55,954 (0.1841)
釜 山	木 浦	34,164	15,844 (0.464)	5,528 (0.171)	12,491 (0.366)	17,898 (0.5239)	4,745 (0.1389)	11,520 (0.3372)
釜 山	麗 水	151,020	1,829 (0.012)	11,668 (0.077)	137,523 (0.909)	3,051 (0.0202)	7,234 (0.0479)	140,735 (0.9319)
釜 山	墨 湖	42,314	35,044 (0.828)	5,325 (0.126)	1,945 (0.046)	2,996 *(0.0708)	2,932 *(0.0693)	36,386 *(0.8599)
蔚 山	仁 川	1,242,852	78,125 (0.063)	55,557 (0.045)	109,170 (0.892)	296,793 *(0.2388)	609,370 *(0.4093)	336,689 *(0.2709)
蔚 山	群 山	193,127	129 (0.0007)	120,616 (0.625)	72,382 (0.375)	11,935 *(0.0618)	134,455 (0.6962)	46,737 *(0.2420)
蔚 山	浦 項	457,361	116,593 (0.255)	107,449 (0.234)	233,319 (0.510)	109,218 (0.2388)	72,537 (0.1586)	275,606 (0.6026)
蔚 山	墨 湖	412,891	1,965 (0.065)	55,035 (0.103)	355,891 (0.832)	37,491 (0.0908)	34,187 (0.0828)	341,213 (0.8264)
浦 項	麗 水	10,318	1,905 (0.185)	5,166 (0.506)	3,247 (0.220)	1,845 (0.1788)	4,452 *(0.4315)	4,021 *(0.3897)
浦 項	三 千 浦	14,961	3,000 (0.220)	7,161 (0.479)	4,800 (0.321)	2,374 (0.1587)	7,265 (0.4856)	5,322 (0.3557)
浦 項	蔚 山	103,866	62,950 (0.606)	4,853 (0.047)	36,081 (0.347)	55,662 (0.5359)	4,092 (0.0394)	44,112 (0.4247)
三 陟	仁 川	245,376	346 (0.002)	240,030 (0.978)	5,000 (0.020)	2,552 (0.0104)	237,449 (0.9679)	5,325 (0.0217)
計		7,491,447 (1.0000)	1,263,430 (0.1686)	1,482,988 (0.1980)	4,745,059 (0.6334)	1,223,067 (0.1633)	1,492,105 (0.1992)	4,776,305 (0.6375)

해 各 手段別 理論分擔率을 推定할 수 있다.

$$\text{船舶의 理論分擔率}(\text{share 1}) = \int_{-\infty}^{\omega_1} f(\omega) d\omega$$

$$\begin{aligned} \text{鐵道의 理論分擔率}(\text{share 2}) &= \int_{\omega_1}^{\omega_2} f(\omega) d\omega \\ &= \int_{-\infty}^{\omega_2} f(\omega) d\omega \\ &\quad - (\text{share 1}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{트럭의 理論分擔率}(\text{share 3}) &= \int_{\omega_2}^{\infty} f(\omega) d\omega \\ &= 1 - (\text{share 1} \\ &\quad + \text{share 2}) \end{aligned}$$

$$\text{但, } f(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot \frac{1}{\omega} \cdot e^{-\frac{(\log \omega - \mu)^2}{2\sigma^2}}$$

上記式에서 求한 手段別 理論分擔率의 結果와 이를 實績分擔率과 比較한 것은 表 2와 같다.

표 2에서 보는 바와같이 1977年 23個 地域間의 貨物輸送量은 總 7,491 千噸으로서 이中 船舶이 63.3%, 鐵道 19.8%, 貨物트럭 16.9%로 海上에 의한 輸送量이 큰 比重을 차지하고 있다. 이와 같은 手段別分擔率을 時間價値分布模型에 의한 理論分擔率과 比較하면 船舶 63.8%, 鐵道 19.9%, 트럭 16.3%로 總量面에서는 實績分擔率과 거의 비슷한 結果를 나타내고 있다. 이를 地域的으로 比較하면 仁川→木浦, 麗水→釜山, 釜山→仁川, 木浦, 麗水, 蔚山→浦項, 浦項→麗水, 三千浦, 蔚山等 23個 地域間中 17個地域間 理論分擔率은 實績分擔率과 큰 差異가 없는 것으로 나타났다. 이는 이들 地域間의 手段別分擔率이 時間價値分布模型에 의해서 決定될 수 있음을 立證하고 있다. 그러나 一部 地域間, 例를들면 三千浦→仁川의 경우는 理論的으로 볼 때 鐵道, 船舶에 의한 貨物輸送이 훨씬 有利함에도 不拘하고 實際로는 트럭分擔率이 높은 것은 費用보다 時間을 더 選好하는 雜貨가 主宗을 이루기 때문인 것으로 풀이 된다.

#### 4. 結 語

本稿는 우리나라의 地域間 貨物輸送을 擔當하고 있는 鐵道, 트럭, 船舶의 分擔關係를 利用者의 時間價値라는 側面에서 觀察하고, 理論的인 分擔率을 導出하여 實績分擔率과 比較分析하였다. 여기서 利用된 模型은 時間價値分布模型으로서 利用者가 輸送手段을 選擇할 때 輸送費와 所要時間이 最小가 되는 手段을 選擇할 것이라는 것과 時間을 一般化된 費用으로 換算하는 利用者의 時間價値는 對數正規分布를 이룬다는 2가지 假定下에서 定立된 것이다. 이와같은 假定을 數學的인 模型으로 處理計算한 理論分擔率을 1977年의 實績分擔率과 比較해 본 結果, 23個地域中 17個地域間은 手段別分擔率이 거의 一致하였으나 6個地域은 약간의 乖離가 있음을 發見하였다. 乖離가 發生하는 理由는 이 模型에서 設定한 假定이 모든 地域에 그대로 適用되지 않는다는 點과 이 模型은 適用할 때 貨物의 種類에 따라 時間價値를 求해야 되는데, 資料蒐集의 制約으로 인해 總量的으로 把握했기 때문인 것으로 判斷된다.

本稿는 貨物의 輸送手段選擇模型 定立을 위한 一試圖에 不過하다. 따라서 앞으로 時間價値分布模型이 가지는 缺點을 補完하고 이 模型이 要求하는 資料를 擴充하여 現實에 보다 가까운 파라메타를 推定할 수 있는 研究가 繼續되어야 할 것이며, 보다 많은 說明變數를 採擇할 수 있는 프로그래밍模型, 로짓模型等 動態的인 輸送手段選擇模型도 아울러 開發되어 都市 및 地域交通計劃에 適用할 수 있는 研究가 進行되어야 할 것이다.

—KIST, 先任研究員—

# Calibration of a Behavioral Modal Choice Model for Inter-regional Freight Movement

Kwang-Sik Kim\*

## Summary

- 1) The choice between competing transportation modes, usually known as modal choice or modal split, involves a complex decision related not only to the characteristics of the competing modes but also to those of the mode users and the freight. The ability to accurately estimate modal split, i.e. the usage of competing modes, is a key ingredient in any transportation planning process.
- 2) A number of modal choice models for freight movement have been developed that estimate the probability of modal patronages given a knowledge of the generalized costs of transportation for competing modes. Three types of mathematical concepts have been used to construct stochastic modal choice functions for individual behavior and these are discriminant analysis, probit analysis and logit analysis. The time value distribution model which was constructed in this study was based upon a multiple modal choice model, using a statistical analysis technique known as probit analysis. The basic premise of the time value distribution model is that mode users are subjected to changing the magnitudes of relative generalized costs and that the time value of users by freight and region makes a lognormal distribution. This study focused on the calibration of a behavioral modal choice model for the inter-regional freight movement on the basis of the time value distribution model.
- 3) Of the 23 O-D pairs chosen in this study the theoretical modal choice of the 17 pairs had almost the same proportion as the practical modal choice. It is estimated that the time value distribution model can be applied to some regional pairs in Korea. However, time values derived from modal choice situations are mode-specific and freight-specific and should only be applied within the range of data upon which they are based. A single aggregate time value is inappropriate for modal choice predictions. For instance, the seven O-D pairs such as Yosu-Inchon, Janghang, Kunsan, Samchonpo-Inchon and Ulsan-Inchon, Kunsan belong to this case.
- 4) Modal choice model is a very important process in the national scale transportation analysis and planning. Therefore, there should be continuous development for more appropriate and applicable models to the inter-regional freight movement in Korea.