

神戸港の輸出入コンテナ貨物量の動態に関する研究 (第二報) *1

正会員 高橋滋彦 *2, 正会員 細田龍介 *2

Modelling Towards Container Cargo Activities through Kobe Port

By Shigehiko TAKAHASHI (Member) and Ryusuke HOSODA (Member)

In January 1995, port of Kobe was severely damaged by the Hanshin-Awaji disaster. After the earthquake, all of port facilities have been recovered by the end of March 1997. Since then, various measures have been applied to achieve the most effective/efficient use of port facilities, such as reduction of handing costs, simplification of formalities and to making the Kobe port easier to use. However, container cargo movement through Kobe port have not been recovered as that before the disaster. In the present paper, "the model of container cargo movement through Kobe port" is studied. Using the result of statistics analysis.1) The authors develop a model to evaluate and to estimate relations between container cargo movement, industrial activities of hinterland and international economy. The authors show, after numerical simulations, that the cargo movement through Kobe port have been closely related with the industry and economic activity in hinter land of Kobe port and that the cargo movement through Kobe port have been influenced by international economy.

Keywords : Port Use Planning in Japan, The Revitalization of Kobe Port

1. 緒言

神戸港は1960年代にコンテナ化への対応を進めて以来、わが国の貨物取扱量首位港としての役割を担ってきた。しかし、1995年1月に阪神・淡路大震災が発生し、神戸港における輸出入貨物量および輸出入コンテナ貨物量は震災前の水準に回復していない。

既発表論文^{1),2)}では、神戸港における輸出入コンテナ貨物量の変動要因の分析を行い、「神戸港のコンテナ貨物動態モデル」を作成した結果、神戸港の貨物流動と背後圏の産業経済活動について長期的変動傾向をモデル化することができた。

本稿では、「神戸港のコンテナ貨物動態モデル」の精度を高めるため、神戸港の貨物流動に概周期的な影響を及ぼすと考えられる米国GDP、円ドルレートといった国際経済に関わる要因、震災・不況など突発的な変動要因の組み込みについて検討した。

また、これらの要因を組み込んだ「神戸港のコンテナ貨物動態モデル」の適合性を検討するとともに、神

戸港の貨物流動および背後圏の産業経済活動について予測を行い、神戸港の輸出入貨物量および輸出入コンテナ貨物量の増大の余地を検討した。

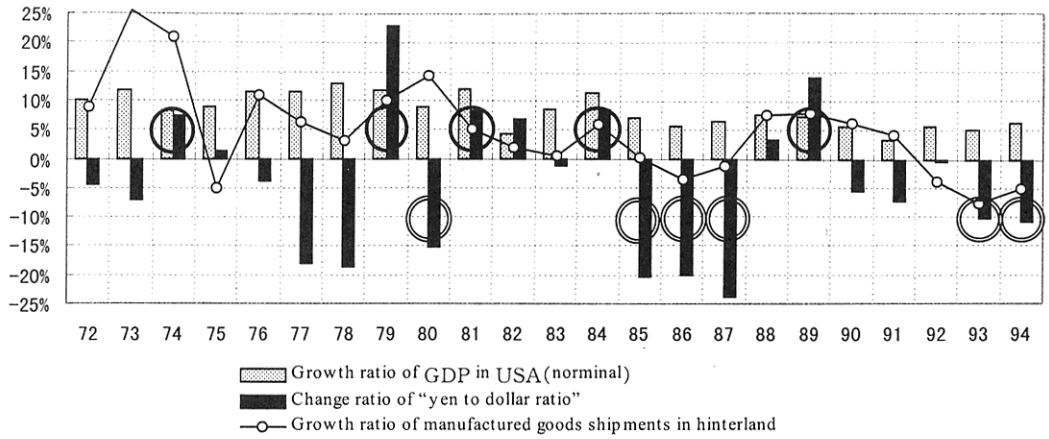
2. 概周期的な変動要因の分析

2.1 背後圏の製造品出荷額成長率

Fig.1は、背後圏の製造品出荷額成長率、円ドルレート変化率、米国GDP成長率の推移を示している。背後圏の製造品出荷額成長率は、円ドルレート変化率がプラス側にある円安時には上昇し、円ドルレート変化率がマイナス側にある円高時に下降する傾向があることがわかる。円ドルレート変化率および米国GDP成長率がともに5%以上となる1974年、1979年、1981年、1984年、1989年においては、円安傾向でかつ米国の消費が拡大傾向にあることから、「輸出ドライブ」が発生し、背後圏の製造品出荷額成長率は各年ともプラスに転じ、工業生産活動が活発化していることがわかる。

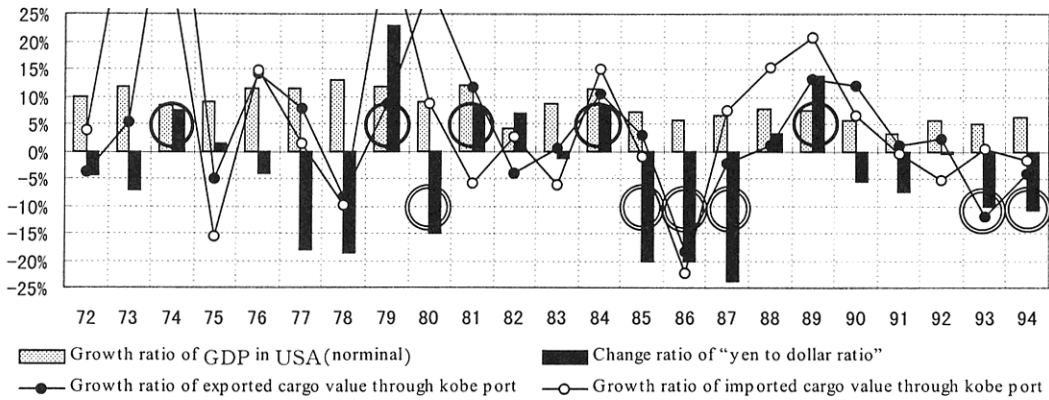
*1 平成13年11月15日造船三学会秋季連合大会において講演、原稿受付平成13年11月30日

*2 大阪府立大学大学院工学研究科



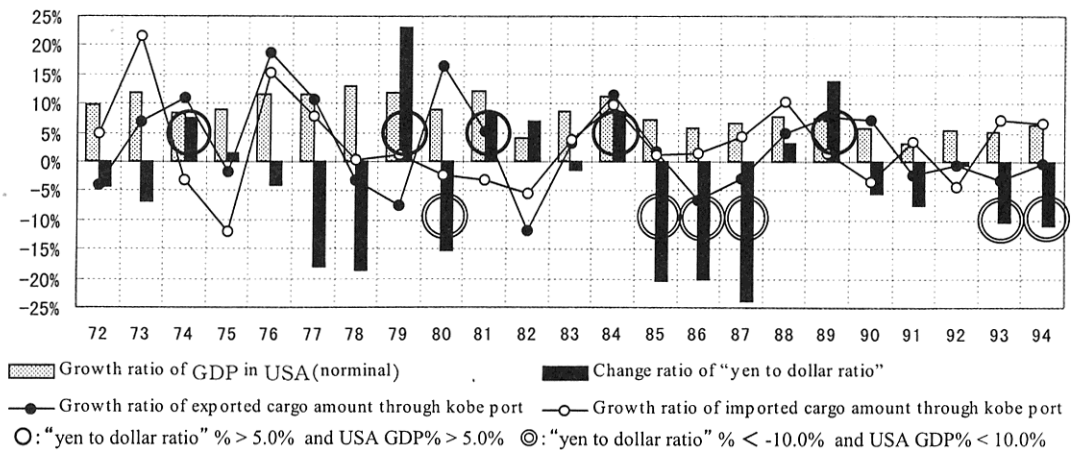
○: "yen to dollar ratio" % > 5.0% and USA GDP% > 5.0% ⊙: "yen to dollar ratio" % < -10.0% and USA GDP% < 10.0%

Fig. 1 Annual change of growth ratio(Manufactured goods shipments in hinterland of Kobe port).



○: "yen to dollar ratio" % > 5.0% and USA GDP% > 5.0% ⊙: "yen to dollar ratio" % < -10.0% and USA GDP% < 10.0%

Fig. 2 Annual change of growth ratio(Value of exported/imported cargo through Kobe port).



○: "yen to dollar ratio" % > 5.0% and USA GDP% > 5.0% ⊙: "yen to dollar ratio" % < -10.0% and USA GDP% < 10.0%

Fig. 3 Annual change of growth ratios(Amount of exported/imported cargo through Kobe port).

これに対して、円ドルレート変化率がマイナス10%以下の円高時で、かつ米国GDP成長率が10%以下となる、1980年、1985年、1986年、1987年、1993年、1994年においては、「輸出ブレーキ」が発生し、1980年を除き、背後圏の製造品出荷額成長率はゼロまたはマイナスに転じ、工業生産活動が低調となっている。なお、1980年は、前年の「輸出ドライブ」の影響が翌年に継続された結果、製造品出荷額成長率がプラス側にあると考えられる。

以上から、背後圏の工業生産活動が、円ドルレートおよび米国GDPの変動が生成する「輸出ドライブ」「輸出ブレーキ」の影響を受けており、製造品出荷額が概周期的な変動をしていることがわかる。

2.2 神戸港の輸出入額成長率

Fig.2は、神戸港の輸出入額成長率、円ドルレート変化率、米国GDP成長率を示している。Fig.1と同様に、「輸出ドライブ」が発生する1974年、1979年、1981年、1984年、1989年においては、神戸港の輸出額成長率はプラス側にある。また、1979年から1980年、1984年から1985年、1989年から1990年においては、「輸出ドライブ」の影響が翌年に継続する傾向が読みとれる。

一方、「輸出ブレーキ」が発生する1980年、1985年、1987年、1988年、1993年、1994年においては、1980年、1985年を除き、神戸港の輸出額成長率はマイナス側であり、神戸港の輸出額は下降する傾向がある。なお、1980年、1985年については、各々前年に生じた「輸出ドライブ」の影響を受けて、輸出額成長率はプラス側にあると考えられる。

これに対して、「輸出ブレーキ」の影響が翌年に継続する傾向は顕著ではない。また、輸入額成長率は、輸出額成長率に概ね連動して推移する傾向がある。

以上から、神戸港の輸出入額が、円ドルレートおよび米国GDPの変動が生成する「輸出ブレーキ」「輸入ブレーキ」の影響を受け、概周期的な変動をしていることがわかる。また、「輸出ドライブ」の影響は翌年に継続する傾向があることがわかる。

2.3 神戸港の輸出入貨物量成長率

Fig.3は、神戸港の輸出入貨物量成長率、円ドルレート変化率、米国GDP成長率を示している。Fig.1、Fig.2と同様に、「輸出ドライブ」が発生する1974年、1979年、1981年、1984年、1989年においては、1979年を除き、神戸港の輸出貨物量成長率はプラス側にある。また、1979年から1980年、1989年から1990年においては、「輸出ドライブ」の影響が翌年に継続する傾向が

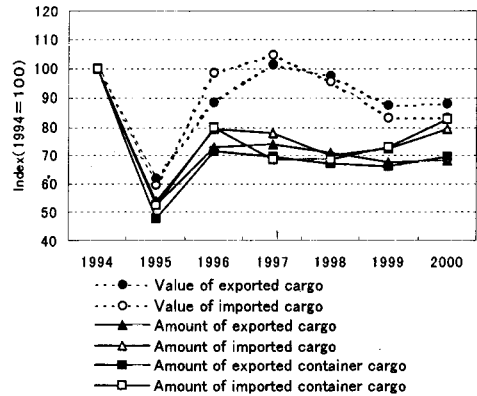


Fig. 4 Influence of Hanshin-Awaji disaster (Port activity).

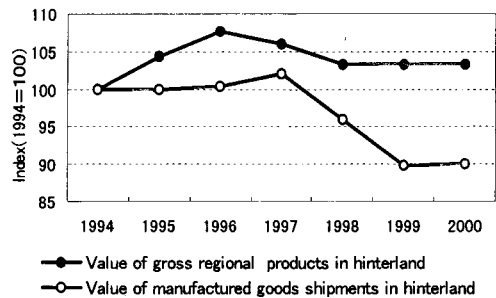


Fig. 5 Influence of Hanshin-Awaji disaster (Economic activity).

読みとれる。

一方、「輸出ブレーキ」が発生する1980年、1985年、1987年、1988年、1993年、1994年においては、1980年、1985年を除き、神戸港の輸出貨物量成長率はマイナスに転じ、神戸港の輸出貨物量成長率は下降する傾向がある。なお、1980年、1985年については、各々前年に生じた「輸出ドライブ」の影響を受けて、輸出額成長率はプラス側にあると考えられる。

輸入貨物量成長率は、1985年までは、輸出貨物量成長率に概ね連動して推移しているが、1986年以降は円高時において、輸出貨物量成長率がマイナス傾向にあるのに対して、輸入貨物量成長率はプラス傾向にある。円ドルレートの変動に関わって、輸出貨物量成長率と輸入貨物量成長率のプラス・マイナスが反転する傾向が伺える。この現象は、1985年のプラザ合意を契機として、日本の経済政策が内需拡大基調に転じ、非関税障壁の撤廃など輸入促進策を実施した結果と推察される。

以上から、神戸港の輸出入貨物量が、円ドルレートおよび米国GDPの変動が生成する「輸出ブレーキ」「輸入ブレーキ」の影響を受け、概周期的な変動をしていることがわかる。また、「輸出ドライブ」の影響は翌

年に継続する傾向があることがわかる。さらに、輸入貨物量は1986年以降、円高時には増加する傾向を示していることがわかる。

3. 突発的な変動要因の分析

3.1 阪神・淡路大震災の影響

Fig.4は、阪神・淡路大震災前年の1994年から2000年までの神戸港の輸出入額、輸出入貨物量、輸出入コンテナ貨物量の推移について、1994年を100とする指標で示したものである。震災が発生した1995年において、1994年と比較し輸出入額は40%程度減少し、輸出入貨物量、輸出入コンテナ貨物量は50%程度減少した。これが、阪神淡路大震災が神戸港の貨物流動に与えた直接的な影響である。

輸出入額については、震災翌年の1996年から1997年において概ね震災前年の水準に回復した。これに対して、輸出入貨物量および輸出入コンテナ貨物量については、輸出面では震災前の70%、輸入面では震災前の80%の水準で推している。このことから他港にシフトした輸出入貨物量および輸出入コンテナ貨物量は、輸出面では最大約30%、輸入面では最大20%と推定される。

一方、Fig.5に示す通り1997年以降、背後圏の地域総生産額（以下、「GRP」という。）は横這い傾向にあるのに対して、製造品出荷額は1999年、2000年で10%程度の減少傾向にあることから、他港にシフトした輸出入貨物量および輸出入コンテナ貨物量は、輸出面では20%、輸入面では20%と程度と考えられる。

3.2 経済不況の影響

内閣府は景気基準日付を発表しており、不況期は、1975年1月～3月、1977年10月～12月、1983年1月～3月（世界同時不況）、1986年10月～12月（円高不況）、

1993年10月～12月（1次平成不況）、1999年4月～6月（2次平成不況）と確定されている。上記の不況期とFig.2およびFig.3を比較すると、1977年を除き、不況期において、神戸港の輸出入額および輸出入貨物量は減少傾向にあり、これらの指標が不況の影響を受けていることがわかる。

3.3 1982年の輸出入貨物量の減少

Fig.3において、1982年の神戸港の輸出入貨物量成長率はマイナス側にある。この要因について、神戸市港湾局は「1982年に貨物量の伸び率が減少しているのは、世界同時不況の影響と前年開催された神戸ポートアイランド博覧会による一時的貨物がなくなったことによる。」との見解を示している³⁾。

3.4 アジア地域からの輸入貨物量の増大

Table 1に、1999年および2000年の神戸港の輸出先地域および輸入元地域を示す。神戸港の輸入貨物量は、1999年から2000年にかけて9.5%増大したが、これは輸入貨物量の約5割を占めるアジア地域からの輸入貨物量が18.2%増加したことが主な要因である。

Table 1 Amount of exported/imported cargo through Kobe port by destination and origin.

		1999(A)	2000(B)	B/A
		(×10,000t)	(×10,000t)	(%)
Destination of exported cargo	Asia	944	974	103
	North America	419	462	110
	Europe	246	221	90
	Others	145	105	72
	Total	1,753	1,762	101
Origin of imported cargo	Asia	999	1,180	118
	North America	764	773	101
	Europe	177	203	115
	Others	194	179	92
	Total	2,133	2,335	109

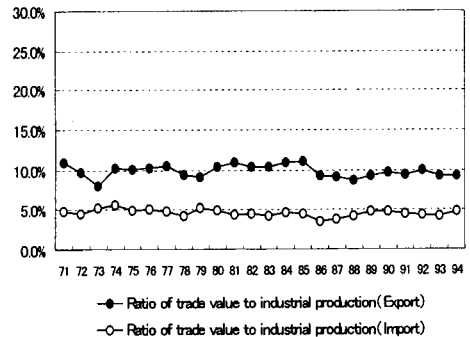


Fig. 6 Annual change of exported and imported cargo value to manufactured goods shipments.

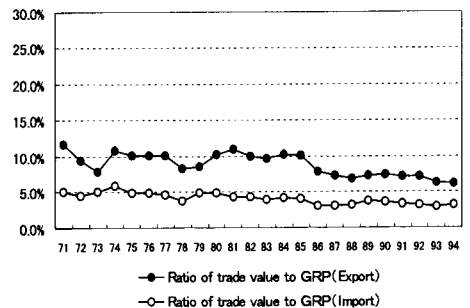


Fig. 7 Annual change of exported and imported cargo value to gross regional products.

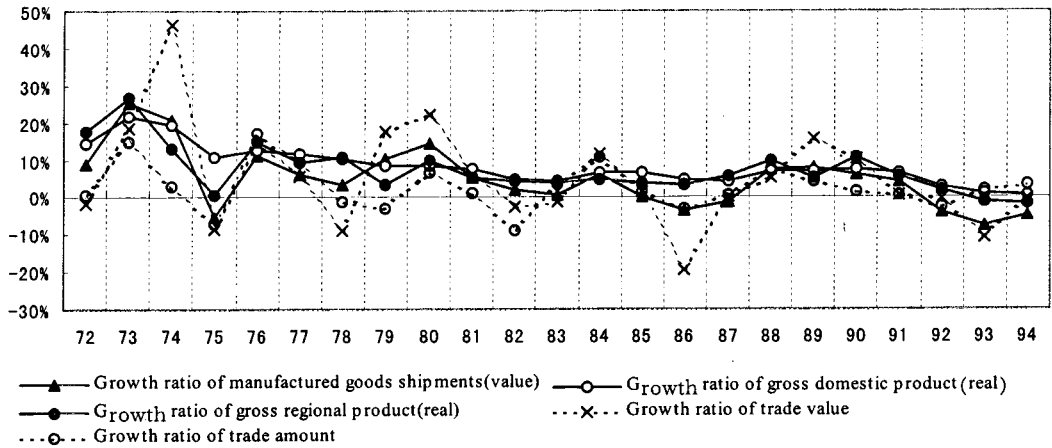


Fig. 8 Annual change of growth ratios.

4. 定常的な変動要因の分析

4.1 神戸港の輸出入額と背後圏の製造品出荷額

Fig.6は、背後圏の製造品出荷額に対する神戸港の輸出入額の比率を示している。1971年から1994年の間において、神戸港の輸出額は、背後圏の製造品出荷額の10%前後で安定的に推移している。同様に、神戸港の輸入額は、背後圏の製造品出荷額の5%前後で安定的に推移している。このことは神戸港の輸出入額が背後圏の製造品出荷額により規定されていることを示唆している。

4.2 神戸港の輸出入額と背後圏のGRP

Fig.7は、背後圏の地域総生産額（以下、「GRP」という。）に対する神戸港の輸出入額の比率を示している。神戸港の輸出額は、背後圏のGRPの12%（1971年）に相当したが、6%（1994年）に低下している。同様に、神戸港の輸入額は、背後圏GRPの5%（1971年）に相当したが、3%に（1994年）に低下している。これは、背後圏において第3次産業の生産額の増加により、第2次産業の比率が低下した結果、製造品出荷額に規定される神戸港の輸出入額の比率が低下したためである。

4.3 背後圏のGRP成長率

Fig.8に、日本のGDP成長率、背後圏のGRP成長率、背後圏の製造品出荷額成長率、神戸港の輸出入額成長率、神戸港の輸出入貨物量成長率を示す。この図から以下のことが確認できる。

1. 日本のGDP成長率と背後圏のGRP成長率は連動した動きを示している。

2. 背後圏のGRP成長率、背後圏の製造品出荷額成長率、神戸港の輸出入貨物量成長率は連動した動きを示している。
3. 神戸港の輸出入額成長率は、輸出入貨物量成長率に比較して変動幅が大きい。すなわち、輸出入貨物量成長率は輸出入額成長率に比較して、背後圏のGRP成長率の変化により近似した変動をしている。

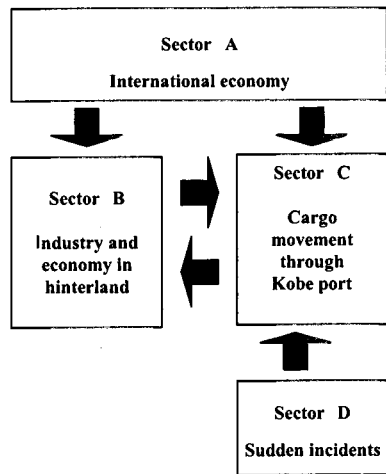


Fig. 9 Basic scheme of model.

Table 2 Selection and classification of variables.

Sector	Variables	Unit	Area	
Sector A	¥/\$%	Growth ratio of yen to dollar ratio	%	International
	USG%	Growth ratio of GDP in USA	%	International
	Drive	Export drive	—	International
	Time lag		—	International
	Brake	Export brake	—	International
	Activity	(Drive - Brake)	—	International
	Strong yen Import drive	Strong yen	—	International International
Sector B	GDP%	Growth ratio of GDP	%	Japan
	GRP	Gross regional product	Trillion yen	Hinterland
	DG%	Down ratio of GDP	%	Japan
	GRP%	Growth ratio of GRP	%	Hinterland
	VMS	Value of manufactured goods shipments	Trillion yen	Hinterland
	VMS% Revise	Growth ratio of VMS Revise ratio to GDP and VMS	% —	Hinterland Hinterland
Sector C	VEX	Value of exported cargo	Trillion yen	Kobe port
	VIM	Value of imported cargo	Trillion yen	Kobe port
	AEX	Amount of exported cargo	10 thousand ton	Kobe port
	AIM	Amount of imported cargo	10 thousand ton	Kobe port
	ACX	Amount of exported container cargo	10 thousand ton	Kobe port
	ACM	Amount of imported container cargo	10 thousand ton	Kobe port
	RVTX	Ratio of value per ton in export	Million yen per ton	Kobe port
	RVTM	Ratio of value per ton in import	Million yen per ton	Kobe port
	EXR	Export ratio of VMS	%	Kobe port
	CB	Container berth length	m	Kobe port
	SMCB	Curve that smoothed CB	m	Kobe port
	RCX	Ratio of exported container cargo	%	Kobe port
	RCM	Ratio of imported container cargo	%	Kobe port
	AT	Amount of trade	10 thousand ton	Kobe port
	AT%	Growth ratio of "amount of trade"	%	Kobe port
Sector D	Disaster	Influence of disaster	—	Kobe port
	Shift	Shift ratio of trade	—	Kobe port
	Change	(Disaster + Shift)	—	Kobe port
	Depression etc	Depression of Japanese economy and other incidents	—	Kobe port
	Asia trade		—	Kobe port

5. 神戸港のコンテナ貨物動態モデル

5.1 モデル作成の前提

神戸港の輸出入コンテナ貨物量に影響を及ぼす要因は、外生要因として、国際経済、国際海運や競合港の動向、震災・不況などの突発的なできごと等がある。一方、内生要因として、背後圏の産業経済活動、神戸港の港湾施設およびその港湾運営状況、神戸港の貨物流動がある。本モデル作成にあたっては、輸出入コンテナ貨物量と背後圏の産業経済活動との関係を考察することを主要目的として、モデル作成の前提を以下の通りとした。

- 第2節の概周期的な変動要因の分析に基づき、円ドルレートおよび米国のGDPは、背後圏の産業経済活動および神戸港の貨物流動に影響を与えているものとした。
- 第3節の突発的な変動要因の分析に基づき、阪神・淡路大震災や経済不況などの突発的なできごと、および突発的なできごとを契機とする構造的な変化が、神戸港の貨物流動に影響を与えているものとした。
- 第4節の定常的な変動要因の分析に基づき、背後圏の産業経済活動が神戸港の貨物流動を規定していると想定した。
- 第4節の定常的な変動要因の分析に基づき、神戸港の貨物流動が背後圏の産業経済活動に影響を与えていると想定した。
- 日本のGDPは背後圏のGRPに影響を与える外生変数と見なし、背後圏のGRPおよび製造品出荷額が日本のGDPに与える影響、米国GDPおよび円ドルレートが日本のGDPに与える影響は除外した。
- 背後圏の産業経済活動および神戸港の貨物流動が国際経済に及ぼす影響は除外した。
- 港湾料金などの港湾運営状況については、実態を示すデータ把握が困難なことから影響要因から除外した。

5.2 モデルの基本構造

第5.1節に示す前提に従って、Fig.9に示す通りモデルの基本構造を設定した。ここで、国際経済をセクターA、背後圏の産業経済活動をセクターB、神戸港の貨物流動をセクターC、震災や経済不況などの突発的なできごと、および突発的なできごとを契機とする構造的な変化をセクターDとし、図に示すように、各セクター間の関係を設定した。

1. 国際経済（セクターA）は、背後圏の産業経済活動（セクターB）と神戸港の貨物流動（セクターC）に影響を及ぼす。
2. 背後圏の産業経済活動（セクターB）と、神戸港の貨物流動（セクターC）は相互に影響を及ぼす。
3. 突発的なできごと等（セクターD）は神戸港の貨物流動に影響を及ぼす。
4. 背後圏の産業経済活動（セクターB）、神戸港の貨物流動（セクターC）は国際経済（セクターA）に影響を及ぼさない。

5.3 変数の種類と単位

第5.2節に示すモデルの基本構造に従って、Table 2に示す35の変数を選択または設定した。各変数の単位および対象地域はTable 2に示す通りである。

1. 国際経済を表す変数として、円ドルレート変化率（ $\text{¥}\%$ ）、米国GDP成長率（ $USG\%$ ）を選択した。次に、Fig.1, Fig.2, Fig.3に示す「輸出ドライブ」、「輸出ブレーキ」を表現するための変数（*Drive, Time lag, Brake*）を設定した。また、これらを合算した変数（*Activity*）を設定した。さらに、円高が神戸港の輸入額、輸入貨物量に与える影響を示す変数（*Strong yen, Import drive*）を設定した。
2. 背後圏の産業経済活動を表す変数として、日本のGDP成長率（ $GDP\%$ ）、背後圏のGRPとその成長率（ $GRP\%$ ）を選択した。次に、GDPのマイナス成長が背後圏のGRPに及ぼす影響を示す変数（ $DG\%$ ）を設定した。また、背後圏の工業生産活動を表す変数として製造品出荷額（ VMS ）およびその成長率（ $VMS\%$ ）を選択した。さらに、背後圏のGDPおよび製造品出荷額の補正係数（*Revise*）を設定した。
3. 神戸港の貨物流動を表す変数として、輸出額・輸入額、輸出貨物量・輸入貨物量、輸出コンテナ貨物量・輸入コンテナ貨物量（ $VEX \cdot VIM, AEX \cdot AIM, ACX \cdot ACM$ ）を選択した。また、輸出入

額と輸出入貨物量の関係をモデル化するため、輸出額／輸出トン数比、輸入額／輸入トン数比（ $RVTX, RVTM$ ）を選択した。次に、背後圏の製造品出荷額と神戸港の輸出額の間をモデル化するため、輸出額／製造品出荷額比（ EXR ）を選択した。また、コンテナ化の状況をモデル化するため、コンテナバース延長、同平滑化曲線（ $CB, SMCB$ ）、輸出コンテナ化率、輸入コンテナ化率（ RCX, RCM ）を選択した。さらに、神戸港の貨物流動が背後圏のGRPに及ぼす影響をモデル化するため、Fig.8を考慮し輸出入貨物量、同成長率（ $AT, AT\%$ ）を選択した。

4. 震災の影響を示す変数（*Disaster*）、震災による輸出入金額および輸出入貨物量その他港へのシフト状況を示す変数（*Shift*）、それらを総合化するための変数（*Change*）を設定した。次に、経済不況等が輸入貨物量に及ぼす影響を示す変数（*Depression etc*）を設定した。また、1999年から2000年にかけてのアジア地域からの輸入貨物量の増加を示す変数（*Asia trade*）を設定した。

5.4 モデルの構成

Table 2に示す変数を用い、各セクターにおける関係式を設定し、Fig.10に示すフローチャートを作成した。なおフローチャート作成およびシミュレーションにあたってはSDモデル作成支援ソフトウェアSTELLAを使用した。

5.4.1 セクターAの構成と関係式

円ドルレート変化率（ $\text{¥}\%$ ）、米国GDP成長率（ $USG\%$ ）を式(1)、式(2)に示す通り1971年から2000年までの統計数値によりグラフ関数で規定した。

$$\text{¥}\% = \text{GRAPF FUNCTION}(1971 \sim 2000) \quad (1)$$

$$USG\% = \text{GRAPF FUNCTION}(1971 \sim 2000) \quad (2)$$

次に、Fig.1に基づき、「輸出ドライブ」「輸出ブレーキ」が製造品出荷額に与える影響を式(3)、式(4)で規定した。Fig.2に基づき、「輸出ドライブ」「輸出ブレーキ」が輸出入額に与える影響を式(5)、式(6)、式(7)、式(8)で規定し、輸出の側面を式(9)で総合化し、輸入の側面を式(10)で総合化した。ここで、式(7)に示す $DELAY$ は時間遅れを規定する関数である。

$$\begin{aligned} Drive1 = & IF(USG\% > 0.05) AND(\text{¥}\% > 0.05) \\ & THEN 0.03 ELSE 0 \end{aligned} \quad (3)$$

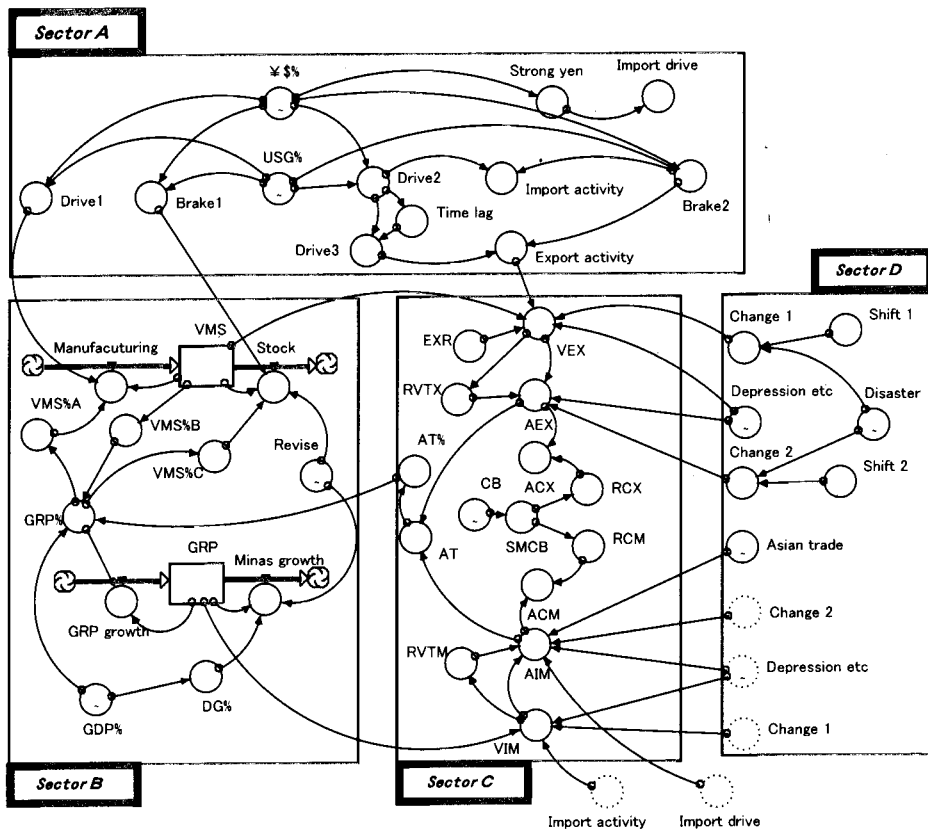


Fig. 10 Model of container cargo movement through Kobe port.

$$\begin{aligned} Brake1 &= IF(USG\% < 0.1)AND(\yen\% < -0.1) \\ &THEN 0.04 ELSE 0 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} drive &= IF(USG\% > 0.05)AND(\yen\% > 0.05) \\ &THEN 0.07 ELSE 0 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} Brake2 &= IF(USG\% < 0.1)AND(\yen\% < -0.1) \\ &THEN 0.07 ELSE 0 \end{aligned} \quad (6)$$

$$Time\ lag = DELAY(drive \times 0.5, 1) \quad (7)$$

$$Drive3 = Drive2 + Time\ lag \quad (8)$$

$$Export\ activity = Drive3 - Brake2 \quad (9)$$

$$Import\ activity = Drive2 - Brake2 \quad (10)$$

時点以降に生成する関数である。

$$\begin{aligned} Strong\ yen &= IF(\yen\% < -0.1) \\ &THEN 0.1 ELSE 0 \end{aligned} \quad (11)$$

$$Import\ drive = STEP(Strong\ yen, 1986) \quad (12)$$

5.4.2 セクターBの構成と関係式

日本のGDP成長率 (GDP%) を式(13)に示す通り1971年~2000年の統計数値によりグラフ関数で規定した。また、GDPのマイナス成長が背後圏のGRPに及ぼす影響 (DG%) を式(14)で規定した。

$$GDP\% = GRAPF\ FUNCTION(1971\sim 2000) \quad (13)$$

$$\begin{aligned} DG\% &= IF(GDP\% < 0.01) \\ &THEN 0.02 ELSE 0 \end{aligned} \quad (14)$$

さらに、円高が神戸港の輸入額に与える影響を式(11)で規定し、円高が輸入貨物量に与える影響を式(12)で規定した。式(11)に示すSTEPは指定量を指定

次に、背後圏のGRP成長と製造品出荷額成長の動態をモデル化し、その相互関係をモデル化した。なお、製造品出荷額成長率（VMS%）については、GRP成長率（GRP%）が製造品出荷額（VMS）に影響する側面を製造品出荷額成長率A（VMS%A）と表現し、製造品出荷額（VMS）がGRP成長率（GRP%）に影響する側面を製造品出荷額成長率B（VMS%B）と表現した。また、製造品出荷額がマイナスに向かう側面（在庫増の状況）を製造品出荷額成長率C（VMS%C）と表現した。

また、背後圏のGRP成長を、式(15)、(16)、(17)、(18)で規定した。ここで、Fig.8に基づき、背後圏のGRP成長率（GRP%）を目的変数とし、背後圏の製造品出荷額成長率（VMS%B）、日本のGDP成長率（GDP%）および神戸港の輸出入貨物量成長率（AT%）を説明変数として、1972年から1994年の統計数値を用い式(19)に示す帰帰式を求め、背後圏のGRP成長率（GRP%）を規定した。また、背後圏の製造品出荷額（VMS%B）は式(20)で規定した。ここで、TRENDは変数の1年毎の成長率を示す関数である。なお、背後圏のGDPおよび製造品出荷額の補正係数（Revise）は式(27)で説明し、神戸港の輸出入量成長率（AT%）については式(49)で説明する。

$$GRP(t) = GRP(t - dt) + (GRP \text{ growth} - \text{Minas growth}) \times dt \quad (15)$$

$$\text{Initial value: } GRP = 13.3 \quad (16)$$

$$\text{In flow: } GRP \text{ growth} = GRP \times GRP\% \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \text{Out flow: } \text{Minas growth} \\ = GRP \times \text{Revise} + GRP \times DG\% \quad (18) \end{aligned}$$

$$GRP\% = 0.818235 \times GDP\% + 0.233779 \times AT\% + 0.098273 \times VMS\%B - 0.00562 \quad (19)$$

$$VMS\%B = \text{TREND}(VMS, 1) \quad (20)$$

背後圏の製造品出荷額（VMS）を式(21)、式(22)、式(23)、式(24)で規定した。ここで、Fig.8に基づき、背後圏の製造品出荷額成長率（VMS%A）を目的変数とし、背後圏のGRP成長率（GRP%）を説明変数として、1972年から1994年の統計数値を用い式(25)に示す帰帰式を求め、背後圏の製造品出荷額成長率（VMS%A）を規定した。また、製造品出荷額の減少側面を製造品

出荷額成長率C（VMS%C）とし式(26)で規定した。

$$\begin{aligned} VMS(t) &= VMS(t - dt) \\ &+ (\text{Manufacturing} - \text{Stock}) \times dt \quad (21) \end{aligned}$$

$$\text{Initial value: } VMS = 16.3 \quad (22)$$

$$\text{In flow: } \text{Manufacturing} = VMS \times VMS\%A \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \text{Out flow: } \text{Manufacturing Stock} \\ = VMS \times (\text{Brake1} + VMS\%C + \text{Revise}) \quad (24) \end{aligned}$$

$$VMS\%A = 1.082653 \times GRP\% - 0.02613 \quad (25)$$

$$\begin{aligned} VMS\%C &= \text{IF}(GRP\% < 0) \\ &\text{THEN ABS}(GRP\%) \text{ ELSE } 0 \quad (26) \end{aligned}$$

さらに、背後圏のGDPおよび製造品出荷額の補正係数（Revise）を、感度テストによって決定し、式(27)に示す通りグラフ関数で規定した（Fig.11参照）。

$$\text{Revise} = \text{GRAPF FUNCTION}(0.17, 1996) \quad (27)$$

5.4.3 セクターDの構成と関係式

震災が神戸港の輸出入額および輸出入貨物量に与えた直接的なダメージ（Disaster）を、Fig.4に基づき、式(28)に示す通りグラフ関数で規定した（Fig.11参照）。次に、Fig.4およびFig.5に基づき、震災による輸出入金額の他港へのシフト率（Shift 1）を式(29)で規定し、これらを合算した影響（Change 1）を式(30)で規定した。同様に、震災による輸入貨物量の他港へのシフト率（Shift 2）を式(31)で規定し、Disasterと合算した影響（Change 2）を式(32)で規定した。ここで、式(29)および(31)に示すSTEPは、指定量を指定時点以降に生成する関数であり、その挙動をFig.12に示す。

$$\text{Disaster} = \text{GRAPF FUNCTION} \quad (28)$$

$$\text{Shift1} = \text{STEP}(-0.1, 1996) \quad (29)$$

$$\text{Change1} = 1 + \text{Disaster} + \text{Shift1} \quad (30)$$

$$\text{Shift2} = \text{STEP}(-0.2, 1996) \quad (31)$$

$$\text{Change2} = 1 + \text{Disaster} + \text{Shift2} \quad (32)$$

また、経済不況等が輸出入額および輸出入貨物量に及ぼす影響（Depression etc）を式(33)に示す通りグ

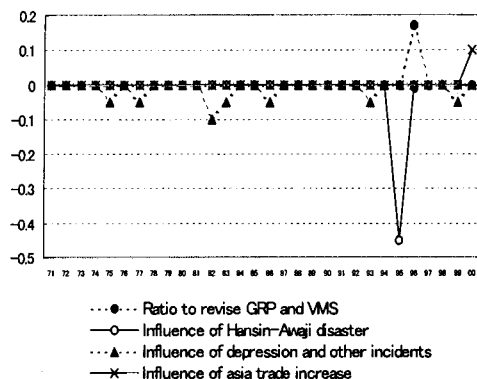


Fig. 11 Behavior of graph functions.

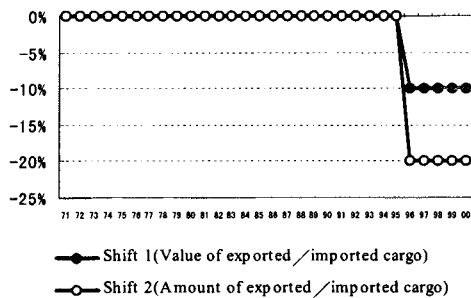


Fig. 12 Behavior of "Shift 1" and "Shift 2".

ラフ関数で規定した (Fig.11 参照). さらに, 3.4 を考慮し, 1999 年から 2000 年にかけてのアジア地域からの輸入貨物量の増加を式 (33) に示す通りグラフ関数で規定した (Fig.11 参照).

$$Depression \ etc = GRAPF \ FUNCTION \quad (33)$$

$$Asia \ trade = GRAPF \ FUNCTION \quad (34)$$

5.4.4 セクター C の構成と関係式

セクター C では, 神戸港の貨物流動を, 1) 輸出入額 (VEX, VIM), 2) 輸出入貨物量 (AEX, AIM), 3) 輸出入コンテナ貨物量 (ACX, ACM) の 3 段階でモデル化した.

神戸港の輸出額 (VEX) を式 (35) で規定した. ここで, 輸出額/製造品出荷額比 (EXR) については, Fig.6 を考慮して式 (36) の通り 0.1 とした. ここで, Fig.8 に基づき神戸港の輸入額 (VIM) を目的変数とし, 背後圏の GRP (GRP) を説明変数とし, 1971 年から 1994 年の統計数値を用い式 (37) 右辺第 1 項に示す回帰式を求め, $Import \ activity$ および $Change \ 1$ の影響を組み込

み神戸港の輸入額 (VIM) を規定した.

$$VEX = VMS \times EXR \times (1 + Export \ activity) \times Change1 \times (1 + Depression \ etc) \quad (35)$$

$$EXR = 0.10 \quad (36)$$

$$VIM = (0.028941 \times GRP + 0.664672) \times (1 + Import \ activity) \times Change1 \times (1 + Depression \ etc) \quad (37)$$

神戸港の輸出貨物量 (AEX) を式 (38) で規定した. ここで, 輸出額/輸出トン数比 ($RVTX$) を目的変数とし, 輸出額 (VEX) を説明変数として, 1971 年から 1994 年の統計数値を用い式 (39) に示す回帰式を求め, 輸出額/輸出トン数比 ($RVTX$) を規定した.

$$AEX = VEX / RVTX \times 1000 \times Change2 \times (1 + Depression \ etc) \quad (38)$$

$$RVTX = 0.23424 \times VEX + 0.824917 \quad (39)$$

神戸港の輸入貨物量 (AIM) を式 (40) で規定した. また, 輸入額/輸入トン数比 ($RVTM$) を目的変数とし, 輸入額 (VIM) を説明変数として, 1971 年から 1994 年の統計数値を用い式 (41) に示す回帰式を求め, 輸入額/輸入トン数比 ($RVTM$) を規定した.

$$AIM = VIM / RVTM \times 1000 \times (1 + Import \ drive) \times (1 + Depression \ etc) \times (1 + Asian \ trade) \times Change2 \quad (40)$$

$$RVTM = 0.26226 \times VIM + 0.321879 \quad (41)$$

神戸港の輸出コンテナ貨物量 (ACX) を式 (42) で規定し, 同様に輸入コンテナ貨物量 (ACM) を式 (43) で規定した.

コンテナバース延長 (CB) を式 (44) に示す通り 1971 年~2000 年の統計数値によりグラフ関数で規定した. ここで, 階段状に推移するコンテナバース延長を平滑化曲線 ($SMCB$) とするため平滑化関数 ($SMTH1$) を用いて式 (45) の通り規定した. さらに, 輸出コンテナ化率 (RCX) を目的変数とし, $SMCB$ を説明変数として, ゴンペルツ曲線を適用して式 (46) に示す回帰式を求め, 輸出コンテナ化率を規定した. 同様に式 (47) に示す回帰式を求め, 輸入コンテナ化率 (RCM) を規定した.

$$ACX = AEX \times RCX \quad (42)$$

$$ACM = AIM \times RCM \quad (43)$$

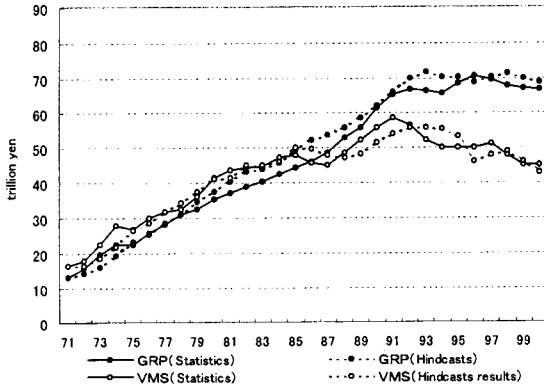


Fig. 13 GRP and VMS in hinterland.

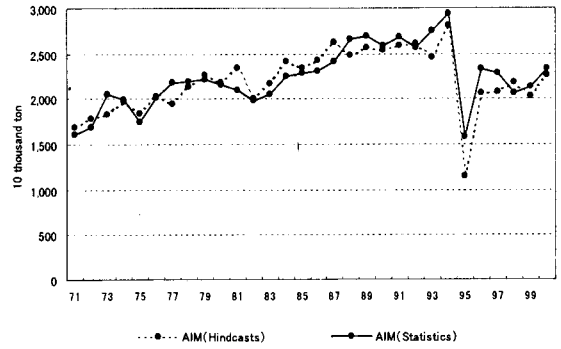


Fig. 16 Amount of imported cargo through Kobe port.

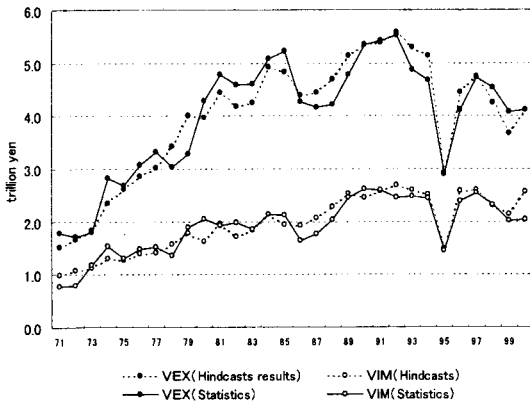


Fig. 14 Value of exported/imported cargo through Kobe port.

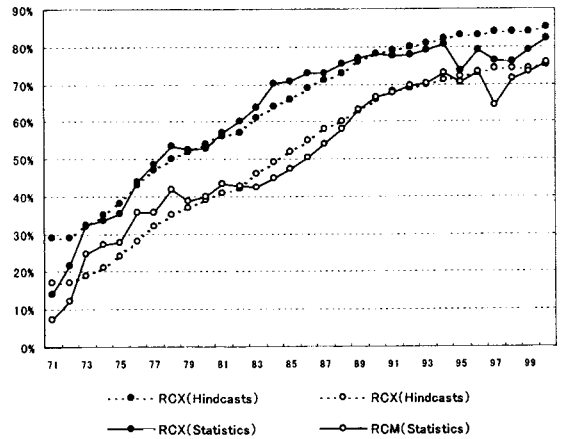


Fig. 17 Ratio of exported/imported container cargo through Kobe port.

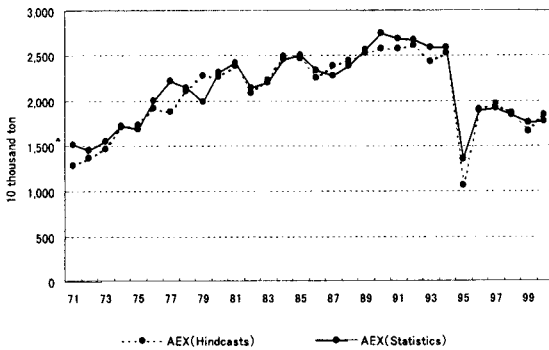


Fig. 15 Amount of exported cargo through Kobe port.

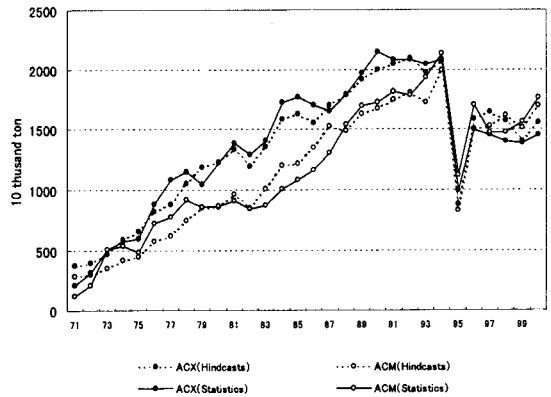


Fig. 18 Amount of exported/imported container cargo through Kobe port.

$$CB = GRAPF\ FUNCTION(1971\sim 2000) \quad (44)$$

$$SMCB = SMTH1(CB, 6) + 1000 \quad (45)$$

$$RCX = 0.884764 \times 0.00000492^{0.999317 SMCB} \quad (46)$$

$$RCM = 0.800804 \times 0.000000146^{0.999342 SMCB} \quad (47)$$

神戸港の輸出入貨物量 (AT) を式 (48) で規定した。また、神戸港の輸出入量成長率 (AT%) を式 (49) で規定した。

$$AT = AEX + AIM \quad (48)$$

$$AT\% = TREND(AT, 1) \quad (49)$$

6. モデルの適合性検討

6.1 シミュレーション結果

Fig.13に背後圏のGRPおよび製造品出荷額のシミュレーション結果を示す。図に示す通り、計算結果は背後圏のGRPおよび製造品出荷額の長期的変動傾向を捉えている。なお、シミュレーション結果については背後圏のGRPおよび製造品出荷額のいずれも、減少局面等に残差が生じており、その補正が課題である。

Fig.14に神戸港の輸出入額のシミュレーション結果を示す。第2節の分析に基づき米国GDPおよび円ドルレートの変動が神戸港の輸出入額に及ぼす影響を、Fig.10に従って組み込んだ結果、神戸港の輸出入額の概周期的な変動傾向を表現することが可能となった。また、震災による輸出入額の大幅な減少と回復の過程を表現することが可能となった。

Fig.15に神戸港の輸出貨物のシミュレーション結果を示す。図に示す通り、計算結果は統計数値の長期的変動傾向を捉えるとともに、概周期的な輸出貨物の変動傾向を表現することが可能となった。また、震災による輸出貨物の減少と回復の過程を表現することが可能となった。

Fig.16に神戸港の輸入貨物のシミュレーション結果を示す。図に示す通り、計算結果は統計数値の長期的変動傾向を捉えるとともに、概周期的な輸入貨物の変動傾向を表現することが可能となった。また、震災による輸入貨物の減少と回復の過程を表現することが可能となった。

Fig.17に神戸港の輸出入コンテナ化率のシミュレーション結果を示す。図に示す通り、計算結果は統計数値の長期的変動傾向を捉えることが可能となった。

Table 3 GDP growth ratio from 2001 to 2020(scenario).

Cases	GDP growth ratio (Japan)	GDP growth ratio (USA)
Forecasts (Better cases)	3.0%	6.0%
Forecasts (Base cases)	1.0%	6.0%
Forecasts (Worse cases)	0.0%	5.0%

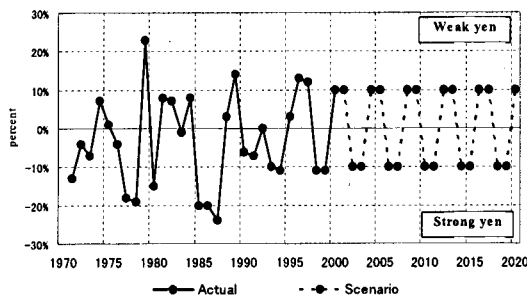


Fig. 19 Change ratio of "yen to dollar ratio" from 2001 to 2020(scenario).

方、1995年における輸出コンテナ化率の一時的な減少、1996年における輸入コンテナ化率の一時的な減少については、その再現が課題である。なお、1997年における輸入コンテナ化率の一時的な減少は、復興物資の輸入が在来荷役貨物量を増大させたためと考えられる。

Fig.18に神戸港の輸出入コンテナ貨物量のシミュレーション結果を示す。図に示す通り、計算結果は統計数値の長期的変動傾向を捉えるとともに、概周期的な輸出入コンテナ貨物量の変動傾向を表現することが可能となった。また、震災による輸出入コンテナ貨物量の減少と回復の過程を表現することが可能となった。

6.2 モデルの適合性検討

本モデルは、Fig.14、Fig.15、Fig.16およびFig.18に示す通り、神戸港の輸出入額、輸出貨物量および輸出入コンテナ貨物量について、長期的変動傾向を表現するとともに、国際経済の影響を組み込むことにより、輸出入額、輸出貨物量および輸出入コンテナ貨物量の概周期的な変動傾向を表現することが可能となった。また、震災による輸出貨物額、輸出貨物量および輸出入コンテナ貨物量の減少と回復の過程の傾向を表現することが可能となった。

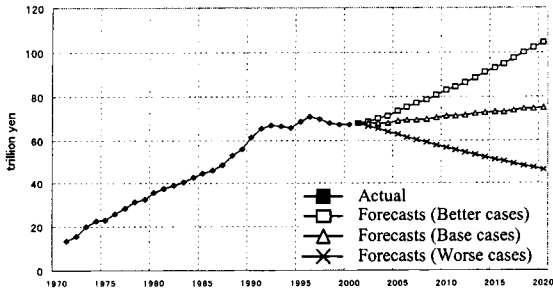


Fig. 20 GRP in hinterland(2001 to 2020).

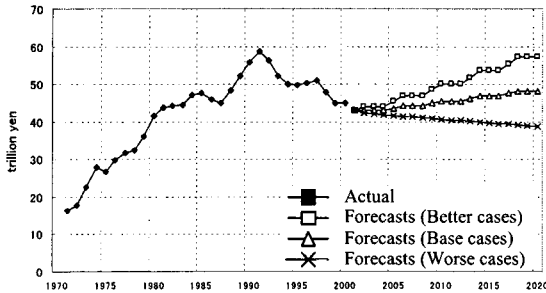


Fig. 21 VMS in hinterland(2001 to 2020).

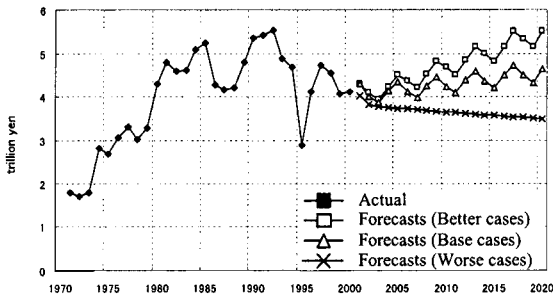


Fig. 22 Value of exported cargo through Kobe port(2001 to 2020).

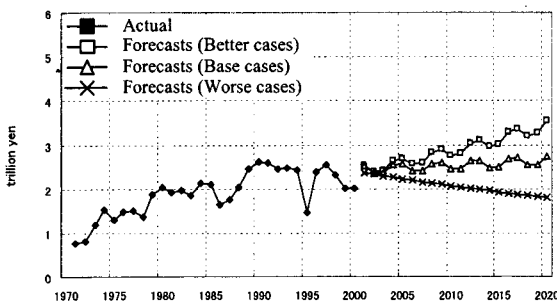


Fig. 23 Value of imported cargo through Kobe port(2001 to 2020).

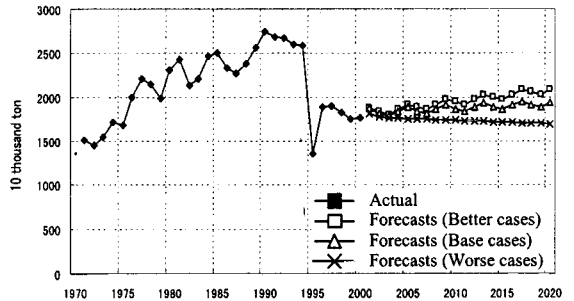


Fig. 24 Amount of exported cargo through Kobe port(2001 to 2020).

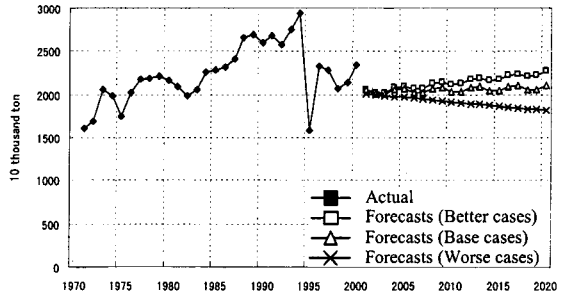


Fig. 25 Amount of imported cargo through Kobe port(2001 to 2020).

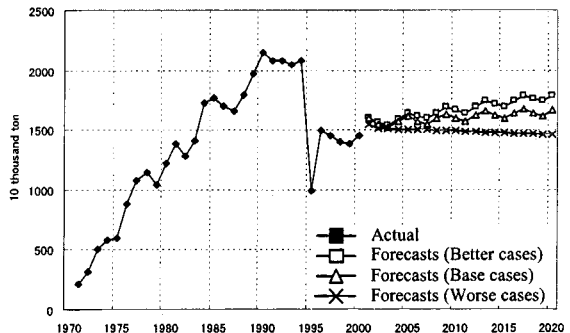


Fig. 26 Amount of exported container cargo through Kobe port(2001 to 2020).

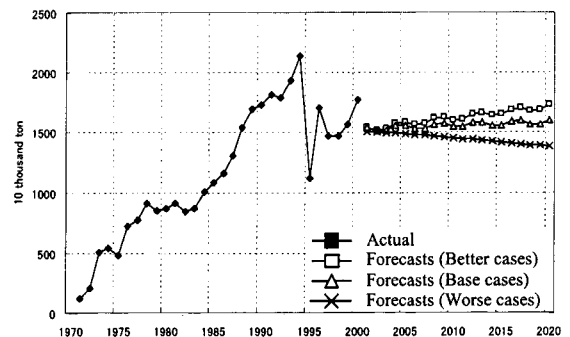


Fig. 27 Amount of imported container cargo through Kobe port(2001 to 2020).

一方、本モデルは、Fig.13に示す通り、背後圏のGRPおよび製造品出荷額の長期的変動傾向を捉えているが、GRPおよび製造品出荷額ともに統計数値との残差が生じていることから、神戸港の貨物流動が背後圏の産業経済活動に与える影響についてはさらに検討を要すると考えられる。

7. 背後圏の産業経済活動と神戸港の貨物流動の予測

7.1 日本経済および国際経済のシナリオ想定

近年の経済動向を踏まえ、2001年から2020年の期間について日本の名目GDP成長率、米国の名目GDP成長率をTable 3に示す通り設定し、円ドルレート変化率をFig.19に示す通り設定した。

7.2 予測結果

第7.1節に示す日本経済および国際経済のシナリオを前提とし、本モデルを用いて2001年から2020年の期間について、背後圏の産業経済活動および神戸港の貨物流動を予測すると結果は以下の通りとなる。

Fig.20およびFig.21に背後圏のGRPおよび製造品出荷額の予測結果を示す。また、Fig.22およびFig.23に神戸港の輸出入額の予測結果を示し、Fig.24およびFig.25に神戸港の輸出入貨物量の予測結果を示す。さらに、Fig.26およびFig.27に神戸港の輸出入コンテナ貨物量の予測結果を示す。

1. 背後圏の産業経済活動および神戸港の貨物流動は、円ドルレートおよび米国のGDP成長率により概周期的な変動を受ける。とくに、背後圏の製造品出荷額、神戸港の輸出額において概周期的な変動幅が大きい。
2. 2001年以降、日本の名目GDP成長率：3.0%、米国の名目GDP成長率：6.0%を維持し得た場合、輸出ドライブ、輸入ドライブが発生し、背後圏の製造品出荷額は上下動をしながら増大すると予測される。この場合、神戸港の輸出入コンテナ貨物量も上下動をしながらゆるやかに増大するが、2020年で1994年時点のコンテナ貨物量に達しない。
3. 日本の名目GDP成長率：1.0%、米国の名目GDP成長率：6.0%が継続した場合、背後圏の製造品出荷額は微増すると予測される。この場合、神戸港の輸出入コンテナ貨物量は横這いで推移する可能性がある。
4. 日本の名目GDP成長率：0.0%、米国の名目GDP成長率：5.0%が継続した場合、背後圏の製造品出

荷額は減少傾向を示す。この場合、「輸出ブレーキ」および「輸入ブレーキ」による上下動は生ぜず、輸出入コンテナ貨物量は直線的な減少傾向を示す。

7.3 考察

前項に示す通り、本モデルを用い、2001年から2020年において日本のGDP成長率が3.0%~0.0%になることを前提とした場合、ベターケースといえども、神戸港の輸出入貨物量、輸出入コンテナ貨物量は大幅な増加をし得ないことが予測される。

日本のGDPが低成長を続けることを前提とした場合、本モデルに即して考察すれば、神戸港の輸出入貨物量および輸出入コンテナ貨物量の増大の余地は次の点にあるといえる。

1. 式(29)、式(31)およびFig.12に示す輸出入貨物量および輸出入コンテナ貨物量の他港シフト率の回復
2. 式(34)に示すアジア地域との輸出入活動の拡大

8. 結言

本研究によって以下のことが明らかになった。

1. 神戸港の貨物流動および背後圏の産業経済活動について統計的分析を行い、1) 背後圏の工業生産活動の概周期的な変動傾向は、米国GDPおよび円ドルレートの変動、即ち国際経済の影響を受けていることを示した。2) 神戸港の貨物流動の概周期的な変動傾向も工業生産活動と同様に、国際経済の影響を受けていることを示した。3) 神戸港の輸出額は主に背後圏の製造品出荷額に規定され、神戸港の輸入額は主に背後圏のGRPに規定されていることを示した。
2. 神戸港の貨物流動の変動要因を、1) 国際経済、2) 背後圏の産業経済活動、3) 震災・経済不況等の突発的なできごとに区分するとともに、変動諸要因が神戸港の貨物流動に与える影響を定量化し、神戸港の貨物流動および変動要因間の相互関係を示す「神戸港のコンテナ貨物動態モデル」を構築した。
3. 本モデルを用い、1971年から2000年に至る期間について、神戸港の貨物流動および背後圏の産業経済活動を再現し、本モデルの適合性を確認した。
4. 本モデルを用い、2001年から2020年に至る期間について、日本経済および国際経済のシナリオを想定し、神戸港の貨物流動および背後圏の産業経済活動を予測した。この結果、ベターケースといえども、神戸港の輸出入貨物量、輸出入コンテナ貨物量は大幅な増加をし得ないことが予測された。

5. 日本のGDPが低成長を続けることを前提とした場合、本モデルに基づくと、神戸港の輸出入貨物量および輸出入コンテナ貨物量の増大の余地は、1) 他港にシフトした輸出入貨物の再誘致、2) アジア地域との輸出入活動の拡大にあると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 高橋滋彦，細田龍介：神戸港におけるコンテナ貨物量の推移に関する研究，関西造船協会論文集，第236号，2001，pp.271-278.
- 2) 高橋滋彦，細田龍介：神戸港の輸出入コンテナ貨物量の動態に関する研究，関西造船協会論文集，第236号，2001，pp.279-287.
- 3) 神戸市港湾局：神戸港大観－平成10年度港湾統計－，1999，p.319.