

2012年の日本主要港におけるコンテナ取扱量の予測と分析*

中国科学院予測科学研究センター・チーフエコノミスト 汪 寿陽
北京航空航天大学経済管理学院博士課程 黄 安強

1. 序文

日本は貿易立国であり、港湾は経済・社会の発展においてかけがえのない重要な役割を担っている。日本の主な港湾は、かつて世界の港湾番付でも上位にあったが、1990年代後期以降、世界ランキングは下がり続けている。2011年3月の東日本大地震では、日本は1995年の阪神大震災よりさらに深刻な経済損失を受け、日本の港湾もこれによるダメージを受けている。2012年、世界の経済発展をめぐる様々な困難が存在し、欧州のソブリン債危機は広がり続け、途上国の経済成長は鈍化し、国際貿易に頼ってきた日本の港湾の発展も、さまざまな不確定要素に直面している。

本稿では、まず2012年に日本の港湾のコンテナ取扱量に影響を及ぼしうる不確定要素について分析し、TEI@Iメソッドについて簡単に説明した上で、最後にTEI@IフレームにCFMIK方法を用いて、2012年の日本の5大港（東京港、横浜港、神戸港、名古屋港、大阪港）のコンテナ取扱量の予測と分析を示す。

2. 2012年に日本の港湾が直面する大きな不確定性

2012年、世界の経済成長は非常に厳しい試練に直面している。世界銀行と国連の2大機関が、2012年の世界経済について悲観的な見通しを示した。世界銀行は、2012年の世界の経済成長率は2.5%にとどまり、世界の貿易総額の伸び率は2011年の6.6%を下回る4.7%になると予想した（World

Bank, 2012）。国連経済社会理事会は、2012年の世界の経済成長率が2011年の2.8%から2.6%へ下降すると予想、再び不況に陥るリスクが強まったとした（United Nations, 2012）。2012年、世界の経済成長力が乏しいことで、日本の港湾は次のような不確定性に直面するだろう。

2.1 日本の港湾の発展に不利な先進国経済の成長鈍化

深刻な債務危機、脆弱な金融システム、高い失業率や緊縮政策による需要の冷え込み、政界の膠着状態や効率低下による意思決定システムの麻痺は、今や先進国が抱える4大慢性病となっている（United Nations, 2012）。

現在、欧州ソブリン債危機の悪影響はまだ抑え込まれておらず、一部途上国や他の高所得国にも影響が広がり始めている。これにより、世界の多くの地域で資金調達コストが高騰し、途上国への資本の流れが急激に弱まり、ひいては途上国の経済発展にも影響が及ぶだろう。

米国経済は2011年第3四半期から緩やかな回復に転じたが、2012年11月の米大統領選挙までに、米議会で大々的な景気刺激策について合意が形成される可能性は低く、高止まりする失業率は、米国経済の回復を支える強固な土台が欠けていることを示している。もし、正規雇用での就業を希望する非正規雇用者も失業者とみなせば、米国の2011年12月の失業率は15%に達する。国連経済社会理事会は、2012年の米国経済の回復は緩やかになり、「緩やかな減退」に陥るリスクも存在する

* 中国語で書かれた原文のタイトルは「2012年日本主要港口集装箱吞吐量预测与分析」である。

とみている。

世界的な金融危機や消費意欲の減退などの影響で、2012年の日本の経済成長はさらに鈍化するとみられる。日銀が2011年12月15日に発表した短観（全国企業短期経済観測調査）によれば、製造業大手の景気判断指数はマイナス4だった。日銀の同年12月22日の発表では、景気判断が再び引き下げられた。2012年1月には、国際通貨基金（IMF）が2012年の日本の経済成長率（GDPベース）の見通しを1.7%へ引き下げ（International Monetary Fund, 2012）、2012年の日本の経済発展に対して悲観的な展望を示した。

先進国の経済回復の動きが弱いと、世界の消費市場も委縮するとみられる。2011年10月、高所得国の世界の貿易成長に対する貢献度は、年換算でマイナス9.3%に落ち込み、中でもEU諸国の輸入は年換算で20.9%減少した。米国の輸入は年換算でマイナス9.5%だった。世界銀行は、2012年の世界貿易総額の成長率はわずか5.2%にとどまると予想している（World Bank, 2012）。世界の貿易総額の伸びが鈍れば、港の貨物取扱量の成長も鈍り、ひいては日本の港湾、さらには世界の運輸業界全体に大きなダメージをもたらすことになる。

2.2 途上国の発展減速により日本の港湾の取扱量もダウン

途上国は今や世界経済の成長において重要な役割を果たしている。2012年、途上国の経済はなお力強く成長すると見込まれるが、途上国は輸出への依存が大きく、先進国の需要が先細りすれば、途上国の経済成長も足を引っ張られることになる。国連経済社会理事会は、途上国の2012年通年の経済成長率について、2011年の6.1%から5.6%へ下降すると予想している。このうち、中国、インドの2大新興国の2012年成長率は、それぞれ8.7%、7.6%となり、いずれも前年を1ポイント程度

下回るとみている（United Nations, 2012）。

東アジアや太平洋地域は、現在のところ日本にとって最大の貿易相手先であり、途上国は現段階において世界の経済発展を引っ張る主要なエンジンであり、途上国の経済成長が減退すれば、日本の対外貿易や港湾のコンテナ取扱量はさらに打撃を受けるだろう。もし、先進国の需要冷え込みと途上国の経済成長減速とが相乗効果を引き起こせば、深刻な結果をもたらしかねない。

2.3 2012年東日本大震災による短期的ダメージは薄れるも長期的影響は深刻化へ

2011年、東日本大震災と巨大津波、そして原発事故により、現地の被災企業のグローバルなサプライチェーンは甚大な打撃を受け、資本商品や電子器械の取引量が大幅に落ち込んだ。このうち、東アジア諸国の受けた影響は特に深刻で、輸入需要は6.5%縮小した。中国や韓国の輸入需要はそれぞれ11.3%、13.7%減少した（World Bank, 2012）。ただし、日本の被災企業の生産能力は急速に回復し、日本経済産業省が2011年8月1日に発表したアンケート結果では、被災地企業の80%以上がすでに2011年6月時点で完全に生産能力を回復したと答えており、残りの企業のうち70%が年内には完全に回復するとした。日本の被災企業の生産能力回復や、震災復興プロセスの推進に伴い、地震による日本のダメージは2012年には次第に弱まるだろう。

ただし、今回の地震を受け、世界のサプライチェーンは「オフショア」型から「ニアショア」型、あるいは顧客近接地型へシフトしつつあり（楚, 2011）、地震の長期的な影響は今後さらに深刻化する可能性がある。

「オフショア・アウトソーシング+ジャストインタイム」モデルは、ハイテクや自動車などの業界で広く採用されてきた。国際原油価格や輸送コ

ストの上昇が続く、オフショア・アウトソーシングによるコスト面の優位性はすでに縮小しつつある。アクセンチュア社のレポートは、物流・輸送コストが上昇し続けているため、多くの米国の大手製造会社が、生産の中心をアジアから北米、あるいはラテンアメリカといった、より消費地に近い「ニアショア」へ移す用意をしていると指摘する。多くの米企業は、ニアショア・アウトソーシングの好適地としてメキシコに目をつけている。今回の日本の地震により起きた世界的なサプライチェーン危機は、グローバルなサプライチェーンを抱える「オフショア」方式のリスクの高さを浮き彫りにしており、今後は「オフショア」方式から「ニアショア」あるいは顧客近接地での生産活動にシフトする動きが加速するだろう。

より生産地を原材料所在地ではなく、消費地に近づける方法は、従来の世界の製造業の在り方を一変させ、地域的な生産センターの形成を促す可能性がある。たとえば、中国は将来的に「世界の工場」ではなく「アジアの工場」となり、中国の港のコンテナ取扱量はこれまでの急成長を維持できなくなるだろう。一方、北米やラテンアメリカなどの港が躍進するかもしれない。ただし、こうした調整プロセスは短期間で済むものではなく、具体的なプロセスを注視していく必要がある。

2.4 地政学的要素の影響

米国とその同盟国がイランに対して発動している石油禁輸措置は、日本の港湾の貨物取扱量の成長にはマイナスに働くだろう。イランは世界第3位の石油輸出国であり、うち約20%が欧州に輸出されている。もし、石油禁輸措置により原油価格がさらに高騰すれば、欧州の経済にとっては追い打ちとなり、ひいては世界経済の健全な発展にも影響を来すだろう。

日本は世界第3位の石油純輸入国であり、うち

約9%の石油をイランから輸入している。日本がイランに対する石油禁輸措置に参加すれば、日本経済にある程度の損失をもたらす可能性がある。

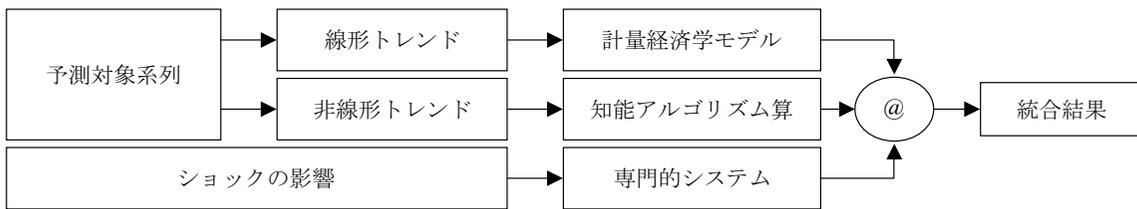
2012年、日本の港湾は多くの不確定性に直面するとみられ、従来の方法で確実な予測を行うのは難しい。本稿では、TEI@IのフレームにCFMIKメソッドを適用することで、2012年の日本の主要港のコンテナ取扱量について、予測と分析を行いたい。

3. TEI@IメソッドとCFMIK予測メソッド

よく用いられる単一予測モデルには、時系列解析 (ARIMA, s-ARIMA, VAR, VECM等)、回帰分析法、人工知能計算 (SVM, ANN) 等がある。また、Bates and Granger (1969) が示した統合型複合予測モデルは、複数の単一モデルそれぞれの長所を兼ね備えているとして、注目されている。これら手法は、今後の事態がこれまでの法則性を受け継いで推移することが、大前提である。しかし、現実の世界は複雑であり、不確定性が大きく、さまざまな非常事態による影響を受けることもしばしばであり、予測作業に大きな困難をもたらしている。

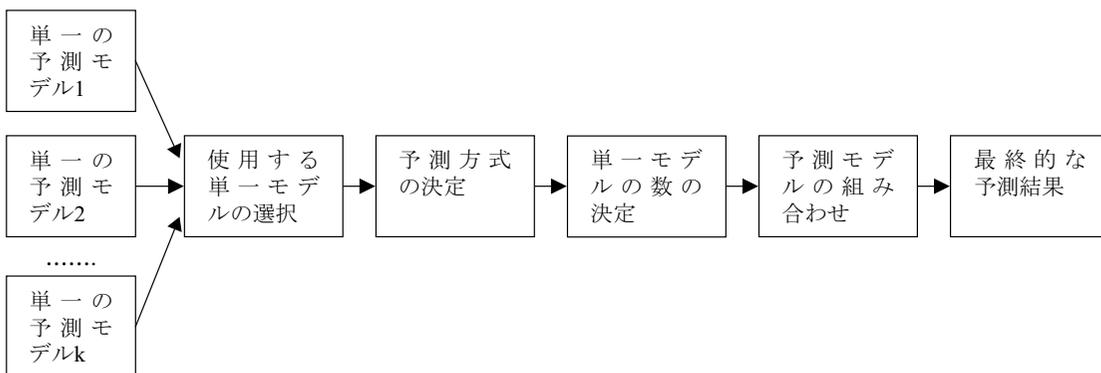
Wang (2004) が発案したTEI@Iメソッドは、各種複雑なシステムの問題を効果的に解決できるもので、すでにいくつかの分野における応用で成功事例がある (田, 汪, 華, 2009; 閻, 徐, 部ほか, 2007; 張, 索, 齊ほか, 2010)。TEI@Iの核となるのは、テキストマイニング (Text mining)、計量経済学 (Econometrics)、知能アルゴリズム (Intelligent algorithm) の的確な統合 (Integration) である (図1を参照)。このメソッドでは、時間系列からの線形成分の抽出に計量経済学の各種の線形モデルが、非線形成分の抽出に知能アルゴリズムが、(予期されない) ショックによる影響の抽出にテキストマイニングが、それぞれ用いられる。この3つ

図1 TEI@Iに基づく予測イメージ



(出所) 筆者作成 (以下同じ)

図2 CFMIK予測方法イメージ

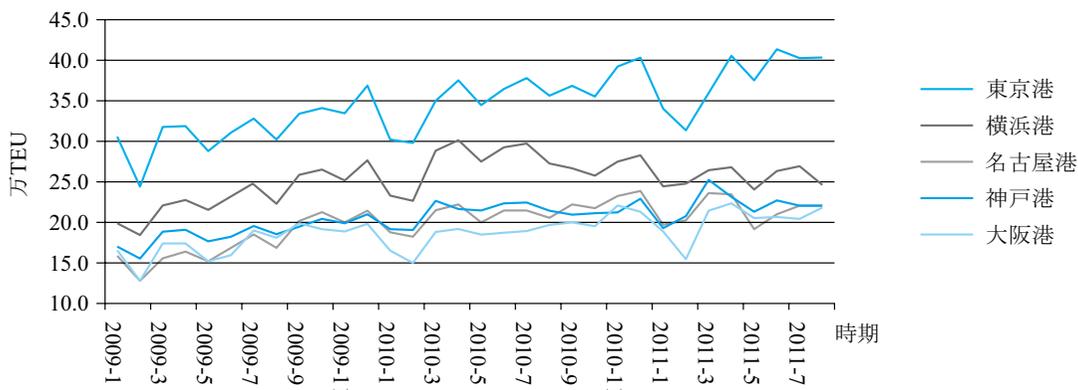


の部分で、専門的なシステムを用いて統合することで最終的な結果を求めるものである。詳細は、Wang, Yu and Lai (2005) を参照していただきたい。

CFMIK (Combined Forecast Method Integrating Contextual Knowledge) とは、TEI@Iメソッドをベースに、一連の状況知識を統合することで予測を導く方法である。ここで使用する状況知識は、複

合予測の際に必要な単一モデルの選択、直接予測や多段法予測のタイミング選択、統合に用いる単一モデルの数などの判断に用いられ、予測の精度を効果的に高めるものである。CFMIKの予測手順は図2の通りである。詳細はHuang, Xiao and Wang (2011) を参照していただきたい。

図3 日本5大港のコンテナ取扱量傾向図



4. 日本五大港2012年コンテナ取扱量予測

この小節ではCFMIK方法を用いて2012年の東京、横浜、名古屋、神戸、大阪の5大コンテナ港の取扱量を予測する。図3に、日本5大港のコンテナ取扱量の推移傾向図を示した。

4.1 単一予測モデルの選択

図3を見ると、5港のコンテナ取扱量の時系列が、いずれも比較的強い線形トレンドを持つ非定常な時系列であることが分かるため、ここでは傾向分析法が採用できる。まず、X11を用いて季節調整を行う。調整後の時系列は主に線形トレンドを示すため、ARIMAモデルを用いて調整後の時系列を予測するが、ある程度の非線形トレンドも含まれるため、BP-ANNも合わせて予測に用いる。2012年には、世界経済の直面する大きな下振れリスク、世界の貿易総額伸び率の大幅な落ち込み、日本の震災復興プロセスの推進などの要因があることを踏まえ、本稿では各港につきそれぞれ3つの

ARIMAモデル、3つのBP-ANN単一予測モデルを採用した。紙面節約のため、ここでは神戸港のみの単一予測モデルを例示する（表1）。

4.2 予測方式の選択

通常よく使用される予測方式は、直接予測と多段法による予測の2種である。直接予測とは、 $x_{t-m}, x_{t-m+1}, \dots, x_t$ を用いて x_{t+k} までを予測することを指す。多段法とは、まず $x_{t-m}, x_{t-m+1}, \dots, x_t$ を用いて x_{t+1} を予測したのち、さらに $x_{t-m+1}, \dots, x_{t+1}$ を用いて x_{t+2} を予測し、これにより x_{t+k} が得られるまで推計を重ねるものである。

本稿ではMSE（Mean Squared Error）解析を用いた方法で、予測方式を選択する（Huang, Xiao and Wang, 2011）。観測系列として y^o を設定し、 y^o を観測系列の平均値、 σ_o を観測系列の標準偏差とする。また、予測系列として y^p を設定し、 y^p を予測系列の平均値、 σ_p を予測系列の標準偏差とする。 ρ は y^o 及び y^p の相関係数である。MSEは次の式に分解される。

表1 神戸港の単一予測モデル

モデル	パラメータ	番号
ARIMA	$(p = (1,2,4,11), d = 1, q = (1,2,3,10)) \times (P = 1, D = 1, Q = 1)_{12}$	1
ARIMA	$(p = 0, d = 1, q = (1,2,3,9,10)) \times (P = 0, D = 1, Q = 1)_{12}$	2
ARIMA	$(p = 4, d = 1, q = 0) \times (P = 0, D = 1, Q = 1)_{12}$	3
BP-ANN	In = 1,2,3,4,5,6	4
BP-ANN	In = 1,2,3,5,6	5
BP-ANN	In = 1,2,3,6	6

(注1) モデル1の数学的表記： $(1-B)(1-B^{12})x_t = \frac{(1-\theta_1 B - \theta_2 B^2 - \theta_3 B^3 - \theta_{10} B^{10})(1-\Theta_1 B^{12})}{(1-\phi_1 B - \phi_2 B^2 - \phi_3 B^3 - \phi_{11} B^{11})(1-\Phi_1 B^{12})} \epsilon_t$

(注2) In=1, 2, 3, 6とは、 $x_{t-3}, x_{t-2}, x_{t-1}$ および x_t をニューラルネットワークの入力ニューロンとして x_{t+1} を予測することを指す。

$$\begin{aligned}
MSE &= \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (y_t^s - y_t^a)^2 \\
&= \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left((y_t^s - y_s') - (y_t^a - y_a') + (y_s' - y_a') \right)^2 \quad (1) \\
&= (\sigma_s - \sigma_a)^2 + (y_s' - y_a')^2 + 2(1-\rho)\sigma_s\sigma_a
\end{aligned}$$

このうち $(\sigma_s - \sigma_a)^2$ は観測系列と予測系列の変動幅の差異を、 $(y_s' - y_a')^2$ は観測系列と予測系列の絶対値の差異を、 $2(1-\rho)\sigma_s\sigma_a$ は非系統的誤差を示している。もし $(\sigma_s - \sigma_a)^2$ 、 $(y_s' - y_a')^2$ および $2(1-\rho)\sigma_s\sigma_a$ の値がいずれも小さい場合、これは予測系列の平均レベル、変動性の面で観測系列をよりの確にフィッティングしやすく、かつ観測系列が重大な偶発事態の影響を受けていないことを意味しており、この場合は直接予測方式を採用するのが望ましい。逆に、 $(\sigma_s - \sigma_a)^2$ 、 $(y_s' - y_a')^2$ および $2(1-\rho)\sigma_s\sigma_a$ がいずれも大きい場合、これは予測系列の平均水準、変動性の面で観測系列を十分に予想しにくく、かつ観測系列が重大な偶発事態の影響を受けたことを意味しており、この場合は直接予測方式を採

用すると情報ロスが大きくなり、予測効果が落ちる。このため、多段法による予測を採用した方が効果的である。本稿では、5港すべてで多段法を採用した。

4.3 予測結果の統合

単一予測モデルの欠点を補うために、複数の単一モデルを用い、予測結果を統合する必要がある。理論的には、互いに独立した単一予測モデルを統合してこそ、良い統合効果が得られたため (Yu, Wang and Lai, 2007)、多くの予測モデルの中から互いに独立した関係にある予測モデルを選別することが、予測の前提となる。Huang, Xiao and Wang (2011) では、構造化と求解の二段構えのシンプレックスを用いて、この問題を効果的に解決している。本稿では、Huang, Xiao and Wang (2011) と同じ方法で独立した単一予測モデルを選別した上で、AFTERメソッド (Yang, 2004) を用いて統合した。

AFTER (Aggregated Forecast Through Exponential

表2 日本5大港の2012年コンテナ取扱量予想

港	2011年1～9月 (万TEU)	2011年 1～9月 (%)	2011予想 (万TEU) ^e	2011成長 率 (前年同 期比, %) ^e	2012予想 (万TEU) ^f	2012成長 率 (前年同 期比, %) ^f
横浜港	229	-6.46	307	-6.0	318～320	3.6～4.2
神戸港	197	3.3	262	2.5	265～268	1.1～2.3
港	2011年1～10月 (万TEU)	2011年 1～10月 (%)	2011予想 (万TEU) ^e	2011成長 率 (前年同 期比, %) ^e	2012予想 (万TEU) ^f	2012成長 率 (前年同 期比, %) ^f
東京港	380	9.0	467	9.2	491～495	5.1～6.0
名古屋港	216	4.0	265	4.1	270～273	1.9～3.0
大阪港	203	9.7	251	9.85	265～267	5.6～6.4

(注) ^eは推計値, ^fは予測値

Reweighting) メソッドは複合的な予測方法であり、その原理を簡単に述べると次の通りである。

$y_t, t=1, 2, \dots, T$ は第 t 期の観察値を、 $\hat{y}_{j,T+1}, j=1, 2, \dots, K$ は第 j モデルの第 $T+1$ 期の予測を示すものとする。予測値の分散は $\hat{v}_{j,T+1}$ とする。一方、第 j モデルの予測結果の計算配分は次の通りである。

$$W_{j,T+1} = \frac{\frac{\pi_j}{\hat{v}_{j,T+1}^{1/2}} \exp\left(-\frac{1}{2} \sum_{i=0}^T \frac{(\hat{y}_{j,T+1} - y_i)^2}{\hat{v}_{j,i}}\right)}{\sum_{j=1}^K \frac{\pi_j}{\hat{v}_{j,T+1}^{1/2}} \exp\left(-\frac{1}{2} \sum_{i=0}^T \frac{(\hat{y}_{j,T+1} - y_i)^2}{\hat{v}_{j,i}}\right)} \quad (2)$$

このうち π_j は先験的情報であり、もし先験的情報がなければ、 $\pi_j = \frac{1}{K}$ としてよい。第 $T+1$ 期の複合予測値は、次の通りである。

$$\hat{y}_{T+1} = \sum_{j=1}^K W_{j,T+1} \hat{y}_{j,T+1} \quad (3)$$

以上の分析に基づけば、欧州ソブリン債危機が急激に悪化せず、日本の震災復興プロセスが順調に進んだ場合、2012年の日本五大港におけるコンテナ取扱量は、表2のように予想される。

5. 予測結果の分析

予測結果を基に、特に注目すべき問題として、次のいくつかを挙げる。

(1) 2010年下半年以降、横浜港のコンテナ取扱量は減少傾向が続いている。2011年の横浜港のコンテナ取扱量は前年比で約6%減少した。ただし、日本の震災復興プロセスの推進により、被災地に比較的近い横浜港の輸送ニーズが高まるとみられ、2012年横浜港のコンテナ取扱量は前年比で3.6~4.2%程度の成長が見込まれる。

(2) 日本の他の大型港に比べ、東京港や横浜港は被災地に近く、復興用物資の輸送でより多くの役割を担うとみられる。このため、2012年の両港のコンテナ取扱量の成長率は、日本の震災復興の進展に左右される部分が大いだろう。地震が引き起こした放射能漏れ事故、交通遮断などにより、震災後5カ月の時点で、被災地のガレキ処理作業の進捗はようやく31%に達したところである。日本の環境省は、被災地のガレキ処理をすべて終えるには、2013年までかかるかとみている。2012年の段階では、東京港・横浜港における復興事業関連の運輸需要は、さほど大きく拡大しないだろう。

(3) 世界経済の成長減速に伴い、日本の5大港(横浜港を除く)の2012年コンテナ取扱量の伸び率は、2011年より大幅に縮小するだろう。

(4) 表1では低い成長率を示したが、これさえ楽観的数字であり、欧州のソブリン債危機が大きく悪化せず、なおかつ日本の震災復興がスムーズであることを前提としている。欧州の高所得国の情勢は今のところ制御可能であるものの、危機がさらに拡大し、市場が欧州各国へのこれ以上の資金調達を拒めば、状況はさらに悪化する。さらに、日本国内では、電力供給のひっ迫、国内経済の不景気、復興予算のひっ迫などの問題を抱えており、これら問題が適切に解決されない場合、5大港のコンテナ取扱量の伸び率は、さらに大きく落ち込むだろう。

参考文献

- 田歆, 汪寿陽, 華国為 (2009) 「零售商供應鏈管理的一個系統框架和系統實現」『系統工程理論与实践』29 (10), pp. 45~52
- 閻妍, 徐偉, 部会, 等 (2007) 「基于TEI@I的房價預測方法」『系統工程理論与实践』27 (7), pp. 1~9
- 張嘉為, 索麗娜, 齊曉楠, 等 (2010) 「基于TEI@I方法

- 論的通貨膨脹問題分析及預測』『系統工程理論与实践』30 (12), pp. 2157~2164
- 楚文 (2011) 「从“离岸”到“近岸” — 日本地震推動全球供應鏈加速轉型—」『新財經』(5), pp. 82~84
- Bates J. M. and Granger C. W. J. (1969), “The combination of forecasts,” *Operations Research*, 20(4), pp. 451-468.
- Huang A. Q., Xiao J. and Wang S. Y. (2011), “A combined forecast method integrating contextual knowledge,” *International Journal of Knowledge and Systems Science*, 2(4), pp. 40-54.
- International Monetary Fund (2012), *World Economic Outlook Updated*, January 24, 2012.
- United Nations (2012), *World Economic Situation and Prospects*, 2012.
- Wang, S. Y. (2004), “TEI@I: A new methodology for studying complex systems,” paper presented at The International Workshop on Complexity Science, Tsukuba, Japan.
- Wang, S. Y., Yu, L., and Lai, K. K. (2005), “Crude oil price forecasting with TEI@I methodology,” *Journal of Systems Science and Complexity*, 18(2), pp.145-166.
- World Bank (2012), *Global Economic Prospects*, 2012. January 2012.
- Yang, Y. H. (2004), “Combining forecasting procedures some theoretical results,” *Econometric Theory*, 20, pp.176-222.
- Yu, L. A., Wang, S. Y. and Lai K. K. (2007), *Foreign-Exchange-Rate Forecasting with Artificial Neural Networks*, New York: Springer.