

完全失業率への適用で見た季節調整法の比較

高部 勲[†]

Comparison of Seasonal Adjustment Methods from Application to the Unemployment Rate.

TAKABE Isao

本論文では X11、X12-ARIMA、TRAMO-SEATS、DECOMP の 4 種類の季節調整法を日本の完全失業率に適用し、その結果に対して安定性や適切性などの観点から、分析を行っている。分析の結果、移動平均型の季節調整法である X11 及び X12-ARIMA は安定性の点で優れており、モデル型の季節調整法である TRAMO-SEATS 及び DECOMP は適切性の点で優れているということなどが明らかになった。新たな季節調整法の導入については、このような各手法の特徴を踏まえた上で、慎重に検討していく必要があると考えられる。

In this paper, four seasonal adjustment methods: X11, X12-ARIMA, TRAMO-SEATS and DECOMP were applied to the time series of unemployment rate, and each result was compared in terms of stability, optimality and other criterion. As a result, the moving average type methods were superior in stability, but inferior in optimality to the model type methods. These methods should be reviewed carefully based on such characteristics before they are used as official new seasonal adjustment methods.

はじめに

経済時系列データは多くの場合、季節性を含んでいる。よって短期の経済状況を正確に把握するためには、このような季節的な変動を取り除いて判断を行う必要がある。このような目的のために様々な季節調整法が開発されており、各国の統計機関や中央銀行などで利用されている。それらの中でも特に有力であると考えられるのが、X11、X12-ARIMA、TRAMO-SEATS、DECOMP の 4 種類の手法である。本論文では、これらの手法を労働力調査の完全失業率全国結果に適用し、結果について安定性や適切性などの観点から比較を行っている。

上記の 4 種類の季節調整法は、移動平均型とモデル型の 2 つのタイプに大きく分類することが出来る。X11 と X12-ARIMA は季節性について特にモデルを指定しないで季節調整を行う、移動平均型の手法に分類される。これに対して TRAMO-SEATS と DECOMP は、季節性について明確にモデルを仮定して季節調整を行う、モデル型の手法に分類される。移動平均型の手法は、モデル型の手法に比べて安定性の面で優れているものの、適切性の面で劣るということなどが指摘されている（肥後、中田（1998））。各季節調整の手法を完全失業率へ適用した場合にもこれらの傾向が見られるかどうかを検証し、各手法による結果の特徴についてまとめ、季節調整法に関する今後の検討に資することを目的として、分析を行う。

以下、本論文の構成について述べる。第 I 章では各手法の簡単な解説を行う。第 II 章では各手法による季節調整結果を単純に比較し、それらの特徴について調べる。第 III 章では季節調整結果

(2) 高部勲：完全失業率への適用で見た季節調整法の比較

の安定性に関する分析を行う。第IV章では季節調整結果の適切性に関する分析を行う。第V章では、第II章から第IV章までの結果を基にして、総合的な分析を行う。

I 分析に用いた季節調整法の概要

今回の分析では X11、X12-ARIMA、TRAMO-SEATS、DECOMP の 4 種類の手法を用いる。これらの手法の概要や、メリット、デメリットについて、この章で簡単に解説する。なお今回の分析を行うに当たって使用したソフトウェアや、設定した各手法のオプション等の詳細については、表 1 に示してある。

1 X11

X11 は、様々な種移動平均を用いて季節調整を行う手法であり、我が国を含む多くの国の統計機関で採用されている。移動平均を用いることで、時間とともに季節性が変化する場合にも対応することができる。また管理限界の設定や移動平均の項数選択などの豊富なオプションがあり、それらを適切に設定することで、様々な特徴を持つ時系列に対処することができる。ただしこれらのオプションを選択する際の客観的な判断基準が無く、その設定が恣意的になってしまうという批判もある（東（2003））。また移動平均における欠項の問題に対して、後方移動平均などの単純な処理を行っているため、時系列の端点付近、特に直近における改定の度合いが大きいという問題点も指摘されている。手法の詳細については、国友（2004）を参照のこと。

2 X12-ARIMA

線形回帰モデルと ARIMA（Auto Regressive Integrated Moving Average）モデルを組み合わせた Reg-ARIMA(Regression ARIMA)モデルの機能を X11 に新たに付け加えた手法が、X12-ARIMA である。我が国でも日本銀行などが導入している。Reg-ARIMA モデルを用いることで、外れ値や曜日効果などに適切に対処することが出来る。また Reg-ARIMA モデルによる予測を用いて時系列をあらかじめ延長しておくことができるので、移動平均における欠項の問題に対して改善が期待される。適用に当たっては X11 と同様に、豊富なオプションを選択することができる。X11 と X12-ARIMA の手法の詳細については、国友（2004）を参照のこと。ARIMA モデルの同定については付録の 1 を参照のこと。ARIMA モデルのパラメータの推定値など、ARIMA モデルの同定に関する数値については、表 2～表 5 に示してある。

3 TRAMO-SEATS

TRAMO-SEATS は、近年ヨーロッパで注目されている季節調整法であり、TRAMO（Time Series Regression with Arima Noise, Missing Observation and Outliers）パートと SEATS（Signal Extraction in Arima Time Series）パートから構成されている。TRAMO パートは季節調整を行う前に時系列の異常値などを調整する部分であり、X12ARIMA における Reg-ARIMA モデルの、回帰の部分に相当する。SEATS パートでは、AMB 分解（ARIMA Model Based Decomposition）及びウィナー・コロモゴロフフィルタ(Winner-Kormogorov Filter)を用いて、原系列から季節性を分離する。推定値の平均二乗誤差を最小にするという意味で、数理的に最適な結果が得られる。ただし AMB 分解は canonical 分解や過剰識別問題の回避などについて恣意的な部分があり、最適な分解方法とは言えないという指摘がある（東（2003））。手法の詳細については、東（2003）、田邊、太田（1999）などを参照のこと。今回の分析では事前調整を行わないので、SEATS パートだけを適用することに

なる。分析に当たって、原系列に当てはめる ARIMA モデルの次数を決定する必要がある。これには TRAMO-SEATS に備わっている、BIC(Bayesian Information Criterion)を基にした自動モデル選択機能を用いた。この結果(2,1,0)(0,1,1)モデルが選択された。推定された各成分の ARIMA モデルについては、付録の 2 に示してある。

4 DECOMP

DECOMP は、状態空間モデル(State Space Model)およびカルマンフィルタ(Kalman Filter)を用いて季節調整を行う手法である。観測値をトレンド項、季節項、定常 AR 項、不規則変動項に分解し、季節性を取り除く。推定値の平均二乗誤差を最小にするという意味で、数理的に最適な結果が得られる。また X11 などの移動平均を基にした手法と異なり、欠項の問題が生じないので、現時点までのデータを最大限に利用した推定を行うことができる。時系列のモデルについて、トレンド項の次数、定常 AR 項の次数などを設定できる。そして AIC により、モデルの比較を行うことができる。手法の詳細については、北川(1986)、北川(1997)を参照のこと。推定には、統計数理研究所の佐藤整尚氏により開発された、Web-DECOMP を用いる。Web-DECOMP については、佐藤(1997)を参照のこと。なお Web-DECOMP では、カルマンフィルタではなく、それと同値で、より安定的なアルゴリズムである情報行列平方根フィルタ(Information Square Root Filter)を用いて計算が行われている。あまり高次のトレンド項や定常 AR 項を導入すると、推定が不安定になる場合があるので、それぞれの項の最大次数を 2 に制限する。AIC を基準として、推定に用いるモデルを選択する。推定されたパラメータ等については、表 6 に示してある。

II 季節調整結果の単純比較

この章では各季節調整法による結果を、グラフや各種の指標を用いて単純に比較する。そして季節調整値やトレンド等の特徴や相違点について述べる。

1 季節調整値の比較

各手法による季節調整結果を図示したものが、図 1～図 4 である。また各手法の季節調整値及びその 1 階階差を図示したものが、図 5 及び図 6 である。どの手法でも季節調整値の大体の傾向は、ほぼ同じであることが分かる。特に 1 階階差の動きを見ると、前月と比較した場合の上昇、下降のパターンがほぼ一致しており、どの手法を用いても完全失業率の動向を見誤ることは無いと考えられる。移動平均型の 2 つの手法、TRAMO-SEAT 及び DECOMP は、それぞれ全く異なる概念に基づいて季節調整を行っているにもかかわらず、ほぼ同じ傾向の季節調整値が得られることは、非常に興味深い。

ただし季節調整値の変動の度合い(振れ幅)は、各手法で若干違いがあるように見える。各季節調整値の前期比(絶対値)の年平均を図示したものが、図 7 である。これによると TRAMO-SEATS の変動が最も小さく滑らかであり、DECOMP の変動が最も大きくなっている。X11 と X12-ARIMA の結果はほとんど重なっており、TRAMO-SEAT と DECOMP の中間の動きをしている。前期比の絶対値($100 * | \text{今期} - \text{前期} | / \text{前期}$)を全期間について合計したものが表 7 に示してある。合計値は TRAMO-SEATS (= 556) < X12-ARIMA (= 863) < X11 (= 867) < DECOMP (= 1042) の順になっている。この結果からも、TRAMO-SEATS が最も滑らかで、DECOMP の変動が最も大きいことがわかる。X11 と X12-ARIMA の差は小さい。TRAMO-SEATS による季節調整値が滑らかになることは、東(2003)、田邊、太田(1999)などの研究で指摘されており、これらの結果と今回の結果は、整合性があると言える。

(2) 高部勲：完全失業率への適用で見た季節調整法の比較

2 トレンドの比較

各手法によるトレンドを図示したものが図8である。X11、X12-ARIMA、TRAMO-SEATS によって推定されたトレンドは、どれも形状がかなり良く似ている。それらと比較して DECOMP のトレンド(トレンド項+ 定常 AR 項)は、若干変動が大きいように感じられる。これにより、最終的な季節調整値の変動も大きくなっている。平成10年(1998年)～平成12年(2000年)は景気の後退期であり、この時期は大手の銀行、証券会社の倒産などの影響もあって、完全失業率が急激に上昇している。これにより原系列のトレンドや季節性の変動が大きく乱されているように見える。図4によると、DECOMP の定常 AR 項はこの変動をかなりの程度拾っており、これが DECOMP のトレンドの変動を大きくし、他の成分を安定させている。

3 季節性の比較

各手法により抽出された季節性の特徴を見る。X11、X12-ARIMA は乗法型モデル、それ以外の手法は加法型モデルを指定しているので、これらの間の単純な比較はできないものの、それぞれ大きく異なった動きをしていることが確認できる。X11 と X12-ARIMA の季節指数は、毎年かなりの程度変化している。DECOMP による季節項を見ると、推定期間全体を通じてその変動パターンにほとんど変化が無く、かなり安定していることがわかる。DECOMP を適用すると、このような“硬い”季節性が現れる場合が多いことが指摘されている(北川(1997))。TRAMO-SEATS の季節成分は、DECOMP と大体似た動きをしている。しかし TRAMO-SEATS の季節成分の変動パターンは、時間とともに緩やかに変化している。

4 不規則変動の比較

不規則変動には、トレンドや季節性に分類されない様々な変動が入ってくる可能性があり、季節調整の目的である短期の傾向の把握のためには、重要な要素であると言える。X11、X12-ARIMA、DECOMP の不規則変動については、特に目立った特徴は無い。

TRAMO-SEATS の不規則変動は、上下の変動の幅が小さくなっている。このことにより、TRAMO-SEATS の季節調整値は滑らかになっている。ただし TRAMO-SEATS では、不規則変動に正規ホワイトノイズを仮定しているにもかかわらず、2000年を境として分散がそれまでよりも若干大きくなっており、分散が不均一であるように思われる。モデルの当てはまりが良くない可能性がある。

III 安定性の評価

この章では、各手法による季節調整結果の安定性に関する分析を行う。分析には、Sliding Span Analysis と Revision History Analysis という手法が用いられる。これらの手法の詳細については、国友(2004)、清水(1988)を参照のこと。また1年ごとに改定を行った場合の安定性についても、分析を行っている。X11 と X12-ARIMA については、1年ごとに季節調整値の改定を行った場合の分析も試みている。

1 Sliding Span Analysis (MPD による評価)

Sliding Span Analysis は、期間を1年ずつずらして季節調整を適用したときの、季節調整値の変化を分析する手法である。MPD(Maximum Percent Difference)が、安定性の指標として用いられる。X12-ARIMA について、異なる span では異なる ARIMA モデルを当てはめるべきであるものの、

同定の際の分析量が膨大になる。そこで全期間のデータに当てはめたモデルを、どの span でも共通に用いている。TRAMO-SEATS と DECOMP では、span ごとにモデルを推定し直している。MPD を年平均したグラフは図 9 に、MPD の全期間における合計値は表 7 に、それぞれ示している。

グラフを見ると、全体的に TRAMO-SEATS の MPD が大きいことが分かる。X11 と X12-ARIMA では 2000 年を除いてグラフがすべて重なっており、しかも全体的に小さい値を示している。DECOMP はこれらの中間の値を示している。MPD の合計値を見ると、X12-ARIMA (= 1.59) < X11 (= 1.61) < DECOMP (= 2.21) < TRAMO-SEATS (= 3.21) の順になっている。これらの結果より、X12-ARIMA が改訂の際に最も安定していて、反対に TRAMO-SEATS が最も不安定であると言える。総じて、移動平均型の手法がモデル型の手法に比べて安定していると言える。ただし DECOMP の改定は過去の時点で起こる場合が多く、直近の 10 年程度で見た場合には、むしろ MPD が低くなっている。

2 Revision History Analysis (MAPR による評価)

新たに 1 年間データが加わったときの、季節調整結果の変化を見る。MAPR(Mean Average Percent Reduction)が、安定性の指標として用いられる。モデルの当てはめについては、Sliding Span Analysis と同様である。MAPR の年平均をグラフにしたものが、図 10 に示してある。また全期間における MAPR の合計値は、表 7 に示してある。

グラフを見ると、X11 及び X12-ARIMA の MAPR の値が小さくなっている。TRAMO-SEATS 及び DECOMP では、過去の複数の時点で大きな値を示している。特に DECOMP ではかなり過去の値まで改定されている。MAPR の合計値を見ると、X11 (= 0.12) < X12-ARIMA (= 0.14) < TRAMO-SEATS (= 0.25) < DECOMP (= 0.48) の順になっており、X11 が最も安定している。逆に DECOMP は最も不安定である。総じて、移動平均型の手法がモデル型の手法に比べて安定していると言える。ただし DECOMP の改定は過去の時点で起こる場合が多く、直近の 10 年程度で見た場合には、むしろ MPD が低くなっている。

3 1 年ずつ改定した場合のグラフの分析

季節調整値を 1 年ずつ改定した場合の変動の具合を見る。1975 年 1 月～1996 年 1 月、～1996 年 2 月、・・・、2004 年 12 月の推定結果を 1 枚のグラフに重ねて図示し、その結果を見る。各々の期間における季節調整値が重なっているほど、安定性が高いと考えられる。この分析方法は肥後、中田 (1998) を参考にした。直近の 10 年分の結果をグラフにしたものが図 11 である。直近の 10 年分に限った場合には、グラフの重なりは X11 が最も悪く、DECOMP で最も良い。X12-ARIMA と TRAMO-SEATS は同程度に重なり合っている。

4 X11 及び X12-ARIMA における季節指数の改定の度合い

向こう 1 年間の推定季節指数及び改定季節指数について、季節調整値を 1 年まとめて適用した場合と、1 月ずつ改定した場合との比較を行う。X11 及び X12-ARIMA の、(当該期間に適用した季節指数) - (75 年 1 月～04 年 12 月に適用した季節指数) の値をまとめたものが、表 7 および表 8 である。網掛けは当該期間の向こう 1 年間に対応する推定季節指数を表している。X12-ARIMA で、原系列に当てはめる ARIMA モデルはすべて (2,1,0)(0,1,1) モデルに統一している。

結果を見ると、1 月、2 月、6 月、7 月、9 月で、各手法における改定の方が逆になっている。改定の幅に関しては、それほど大きな違いは見られない。X11 と X12-ARIMA のどちらの場合でも、毎月改定した場合は、1 年に 1 回の改定と比較して、改定の幅が小さい。しかし毎月少しずつ値が改定されてしまう。

IV 適切性の評価

この章では、季節調整結果の適切性についての分析を行う。季節調整値と不規則変動のパワースペクトル（Power Spectrum）の比較及び再帰性の診断により適切性を評価する。パワースペクトルの詳細については尾崎、北川（1977）を、再帰性の診断については東（2002）を参照のこと。

1 パワースペクトルの比較

季節周波数（ $\pi/6$ 、 $2\pi/6$ 、 $3\pi/6$ 、 $4\pi/6$ 、 $5\pi/6$ 、 π ）付近にパワースペクトルのピークが存在すれば、時系列に季節性が残存しており、季節調整が適切でないと判断される。パワースペクトルの計算は、X12-ARIMA の series コマンドを用いて行う。その際に、spectrumstart = 1975.01（時系列開始時点）、diffspectrum = no に設定している。各季節調整及び不規則変動のパワースペクトルは、それぞれ図 12 と図 13 に示してある。

季節調整値のパワースペクトルを見ると、すべての手法で、原系列に見られた季節周波数付近のピークが減少しており、季節性は適切に取り除かれていると言える。ただし DECOMP では 1 年周期と半年周期の季節周波数付近が若干膨らんでいるように見える。本来季節項に入るべき変動が、定常 AR 項の中に入っている可能性がある。

不規則変動のパワースペクトルを見ると、低周波数帯におけるスペクトルが若干低いものの、どの季節調整値もおおむね水平に近い形状をしている。季節周波数におけるピークは特に見られず、どの手法の不規則変動にも、季節性は残存していないと考えられる。

2 再帰性の診断

季節調整値を 1 回と 2 回適用した結果の差を用いて、適切性を診断する。この方法を再帰性の診断という。各時点で 1 回目結果と 2 回目結果の差の絶対値を見る。季節調整が適切であれば、この値はゼロに近くなる。グラフは図 14 に、全期間の合計値は表 7 に示してある。

グラフを見ると、X11 と X12-ARIMA の結果は完全に重なっており、いくつかの年で正の値を取っている。1 回の季節調整では十分ではなく、結果に季節性が若干残存していると考えられる。一方 DECOMP ではすべての年でゼロになっており、TRAMO-SEATS の結果も 1976 年を除いてすべてゼロとなっている。よってこれら 2 つの手法では、季節調整が適切に行われていると言える。全期間の合計値を見ると、DECOMP = TRAMO-SEATS (= 0.1) < X11 (= 1.7) < X12-ARIMA (= 1.8) の順になっており、DECOMP と TRAMO-SEATS が適切であると言える。逆に X12-ARIMA は最も不安定である。移動平均型の手法よりもモデル型の手法の方が、季節性を適切に取り除いていると考えられる。

V 総合評価

各手法による季節調整の結果を見ると、上昇、下降のパターンが大体同じであり、どの手法を用いても、季節性を除いた時系列の長期的な傾向を捉えることは、ある程度可能であると考えられる。しかし細かく見ると、季節調整値の変動の幅や、分解された各成分などに、ある程度の違いがあることが分かる。季節性に確固たる定義が存在しないので、どの季節調整法が正しいかという議論は意味をなさない。不規則変動が小さく、滑らかな調整値を望むのであれば TRAMO-SEATS を、安定した季節変動を望むならば DECOMP、その中間の動きを望むならば X11 と X12-ARIMA、というように、分析者の好みに応じて手法が選択されることになる。

安定性と適切性の比較結果からは、移動平均型の季節調整は安定性に優れており、モデル型の季節調整は適切性の面において優れているということが、完全失業率のデータでも確認された。安定性と適切性は、ある程度トレードオフの関係にあり、一方を重視するならば他方はある程度犠牲にしなければならないと言える。安定性を重視するということは、一定の制限をかけたクラスの中で最適な推定を行うことに相当し、推定された季節調整値が安定的であっても最適ではない可能性があることを考えれば、納得のいく結果である。安定性と適切性のどちらを重視するかについては客観的な判断基準が無く、最終的には分析者の判断に委ねられる。

ただし直近の 10 年間のデータに限って言えば、DECOMP が安定性の面でも適切性の面でも良好なパフォーマンスを示した。直近の 10 年分のデータについては改定を行い、それ以前の値は改定しないという運用方針をとる場合には、DECOMP を用いることで安定性に優れた結果が得られるものと期待される。しかし DECOMP による季節調整値のパワースペクトルにおいて、季節周波数付近に多少膨らみが存在することが気になるところである。

どの分析においても、移動平均型の X11 と X12-ARIMA による結果は、ほぼ同じような動きをしている。細かく見ると若干の差があるものの、TRAMO-SEATS や DECOMP との差と比較すると、それ程大きな差異であるとは言えない。なお X11 と X12-ARIMA については、現行の 1 年に 1 回の改定に比べて毎月改定を行った場合の方が、改定の幅が小さいことがわかった。しかし毎月少しずつ値が改定されてしまうので、「～か月ぶり」、「～か月連続」、「過去最高（最低）」といった表現は、使いにくくなってしまうと考えられる。

おわりに

本論文では、X11、X12-ARIMA、TRAMO-SEATS、DECOMP の 4 つの手法を労働力調査の完全失業率全国結果に適用した結果について考察した。これらの手法には、安定性や適切性などの面で違いがあることが明らかとなった。また季節調整値や各成分についても、その傾向に違いがあることが確認された。新たな季節調整法の導入を検討するのであれば、安定性と適切性の結果をもって機械的に判断するのではなく、どのような季節調整値を望むのかということを明確に示した上で、慎重に判断する必要がある。

総務省統計局では、移動平均型の季節調整法である X11 を、長く利用してきている。これをすぐに別の手法に変更することは困難であると考えられる。移動平均型からモデル型へ変更する場合にはなおさらである。しかし X11 以外の季節調整法にも優れた点があり、それぞれが特色ある手法なので、何らかの形で利用したいところである。現実的な利用方法としては、X11 による結果をチェックする手段として、他の手法を用いるということが考えられる。

参考文献

- [1] 東 晋司, 季節調整プログラム X12-ARIMA と TRAMO-SEATS の分解構造—試験的な実証分析を添えて—, 内閣府経済社会総合研究所ディスカッションペーパーシリーズ No63, 2003
- [2] 奥本佳伸, 季節調整法の比較研究 センサス局法 X12-ARIMA の我が国経済統計への応用, 経済分析 政策の始点シリーズ 17, 2000
- [3] 尾崎統 北川源四郎 編, 時系列解析の方法, 朝倉書店, 1998
- [4] 片山徹, 応用カルマンフィルタ, 朝倉書店, 1983
- [5] 川崎能典 佐藤整尚, 季節調整の「最適性」について, 統計数理, 45 巻 2 号, 1997
- [6] 北川源四郎, 時系列の分解 —プログラム DECOMP の紹介—, 統計数理, 34 巻 2 号, 統計数理研究所, 1986.

(2) 高部勲：完全失業率への適用で見た季節調整法の比較

- [7] 北川源四郎, 時系列解析プログラミング, 岩波書店, 1993.
- [8] 北川源四郎, 季節調整プログラム DECOMP とその後の展開, 統計数理, 45 巻 2 号, 統計数理研究所, 1997.
- [9] 北川源四郎 小西貞則, 情報量基準, 朝倉書店, 2004
- [10] 北川源四郎, 時系列解析入門, 岩波書店, 2005
- [11] 木村武, 季節調整法の評価に関する実証分析, 日本統計学会誌, 1996
- [12] 国友直人, 季節調整法 X-12-ARIMA の特長と問題点, 東京大学大学院経済学研究科ディスカッションペーパーシリーズ, J-5, 1997
- [13] 国友直人, 季節調整法 X-12-ARIMA(2000)の利用: 法人企業統計の事例, 東京大学大学院経済学研究科ディスカッションペーパーシリーズ, CJ-58, 2001
- [14] 国友直人 編, 解説 X12-ARIMA(2002), CIRJE Research Report Series, 2004
- [15] Web DECOMP の紹介—WWW 上で行う季節調整システム—, 佐藤整尚, 統計数理 45 (2), 1997
- [16] 清水誠, 季節調整センサス局法Ⅱ X11-ARIMA の適用, 統計局研究彙報 47 号, 1988
- [17] 田邊靖夫 太田哲生, モンテカルロ実験に基づく季節調整法の比較分析, 経済月報 7 月号, 1999
- [18] 統計審議会経済指標部会 季節調整検討小委員会, 季節調整検討小委員会報告書, 2000
- [19] 日本銀行調査統計局, X12-ARIMA 操作マニュアル, 1997
- [20] 肥後雅博 中田祥子, 経済変数から基調的変動を抽出する時系列的手法について, 日本銀行金融研究所ディスカッションペーパーシリーズ No98-J-4, 1998
- [21] 日野幹夫, スペクトル解析, 朝倉書店, 1977
- [22] 広松毅 浪花貞夫 著, 経済時系列分析, 朝倉書店, 1993
- [23] 山本拓, 経済の時系列分析, 創文社, 1988
- [24] A.C.ハーベイ 著 国友直人 山本拓 訳, 時系列モデル入門, 東京大学出版会, 1985
- [25] D.F.Findley, B.C.Monsell, W.R.Bell, M.C.Otto, B.C.Chen, New Capabilities and Methods of the X-12-ARIMA Seasonal Adjustment Program, Journal of Business and Economic Statistics, 16, 127-176
- [26] G.Kitagawa and W.Gersch, A smoothness priors state space approach to the modeling of time series with trend and seasonality, The Journal The American Statistical Association, 79, 378-389, 1994.
- [27] Maravall.A, Brief Description of the TRAMO-SEATS Methodology, In Modeling Seasonality and Periodicity, Proceeding of the 3rd. International Symposium on Frontiers of Time Series Modeling, The Institute of Statistical Mathematics, Tokyo, 2002.
- [28] U.S.Census Bureau, X-12-ARIMA Reference Manual Version0.2.10, 2002
- [29] アメリカセンサス局 The X-12-ARIMA Seasonal Adjustment Program ホームページ (アドレス: <http://www.census.gov/srd/www/x12a/>)
- [30] 統計数理研究所 Web-DECOMP (アドレス: <http://ssnt.ism.ac.jp/inets2/title.html>)

付録

1 X12-ARIMA に用いる ARIMA モデルの同定

ARIMA モデルの同定については、国友 (2001)、奥本 (2000) を参考にした。観測値の自己相関及び偏自己相関を図示したものが図 15 である。通常階差と季節階差を 1 回ずつ ($d = D = 1$) とすると、自己相関と偏自己相関がほぼ安定する。このとき自己相関と偏自己相関ともに、1 次、2 次、12 次、24 次で有意となっている。よって通常 ARIMA 部分 (p, d, q) については (1,1,0)、(2,1,0)、(0,1,1)、(0,1,2)、(1,1,1)、(1,1,2)、(2,1,1)、(2,1,2)、季節 ARIMA 部分 (p, D, Q) については、(1,1,0)、(2,1,0)、(0,1,1)、(0,1,2)、(1,1,1) をモデルの候補とする。なお ARIMA モデルの次数を高くした場合には、共通因子などの問題が生ずる可能性がある。そこでこれらの問題点を避けるために、ARIMA 部分の最大次数は 2 に、季節 ARIMA 部分の最大次数は 1 に、それぞれ制限している。以上を組み合わせた 40 通り (8×5) のモデルの中から、AIC (Akaike's Information Criterion) が最小となるモデルを選択する。AIC が低いほど、モデルの予測能力が高いと考えられる (北川・小西(2004))。全てのモデルの AIC をまとめたものが表 1 である。(2,1,1)(0,1,1) のときに AIC が最小になっている。ARIMA モデルの次数が決定できれば、あとはセンサス局によるプログラム X12-ARIMA により、ARIMA モデルのパラメータを推定することができる。

推定した ARIMA モデルについて各種の診断を行い、モデルの妥当性を検証する。(2,1,1)(0,1,1) モデルのパラメータの推定値をまとめたものが表 2 である。t 値 (パラメータをその標準偏差で割った値) はいずれも 2 を超えており、推定されたパラメータは全て有意であると言える。AR 多項式と MA 多項式のゼロ根をまとめたものが表 3 である。AR と MA に共通因子は見られず、また 1 に近い根も存在しない。よって共通因子や過剰階差などの問題は発生しておらず、ARIMA モデルによる予測に、特に問題は無いと言える。ARIMA モデルの残差分析をまとめたものが表 4 である。Ljung-Box の Q 統計量の P 値は 24 次と 25 次を除いて全て 0.05 以上となっており、正規性の検定統計量も正常な値になっている。よってモデルはデータに良く適合している。以上より、(2,1,1)(0,1,1) モデルを予測に用いることに関して、特に問題は無いと考えられる。

2 TRAMO-SEATS で推定された各成分のモデル

Trend Component $T(t)$:

$$(1 - B)^2 T(t) = (1 - 0.029B - 0.9781B)^2 v_T(t) \quad v_T(t) = N(0, 0.1128)$$

Seasonal Component $S(t)$:

$$\begin{aligned} & (1 - 0.0745B - 0.2478B^2)(1 + B + \dots + B^{11})S(t) \\ &= (1 + 1.9083B + 1.8811B^2 + 1.8619B^3 + 1.7889B^4 \\ & \quad + 1.674B^5 + 1.5737B^6 + 1.4317B^7 + 1.3524B^8 \\ & \quad + 1.2313B^9 + 1.2359B^{10} + 1.2032B^{11} + 0.5666B^{12} - 0.047B^{13})v_s(t) \quad v_s(t) = N(0, 0.18581) \end{aligned}$$

Irregular Component $I(t)$:

$$I(t) = v_I(t) \quad v_I(t) = N(0, 0.14558)$$

Seasonal Adjusted Series $\theta(t)$:

$$(1 - B)^2 \theta(t) = (1 - 1.0473B - 0.0677B)^2 v_\theta(t) \quad v_\theta(t) = N(0, 0.5207)$$

※ Transitory Component に割り当てられる根は存在しなかった。

(2) 高部勲：完全失業率への適用で見た季節調整法の比較

図1 X11の各成分のグラフ

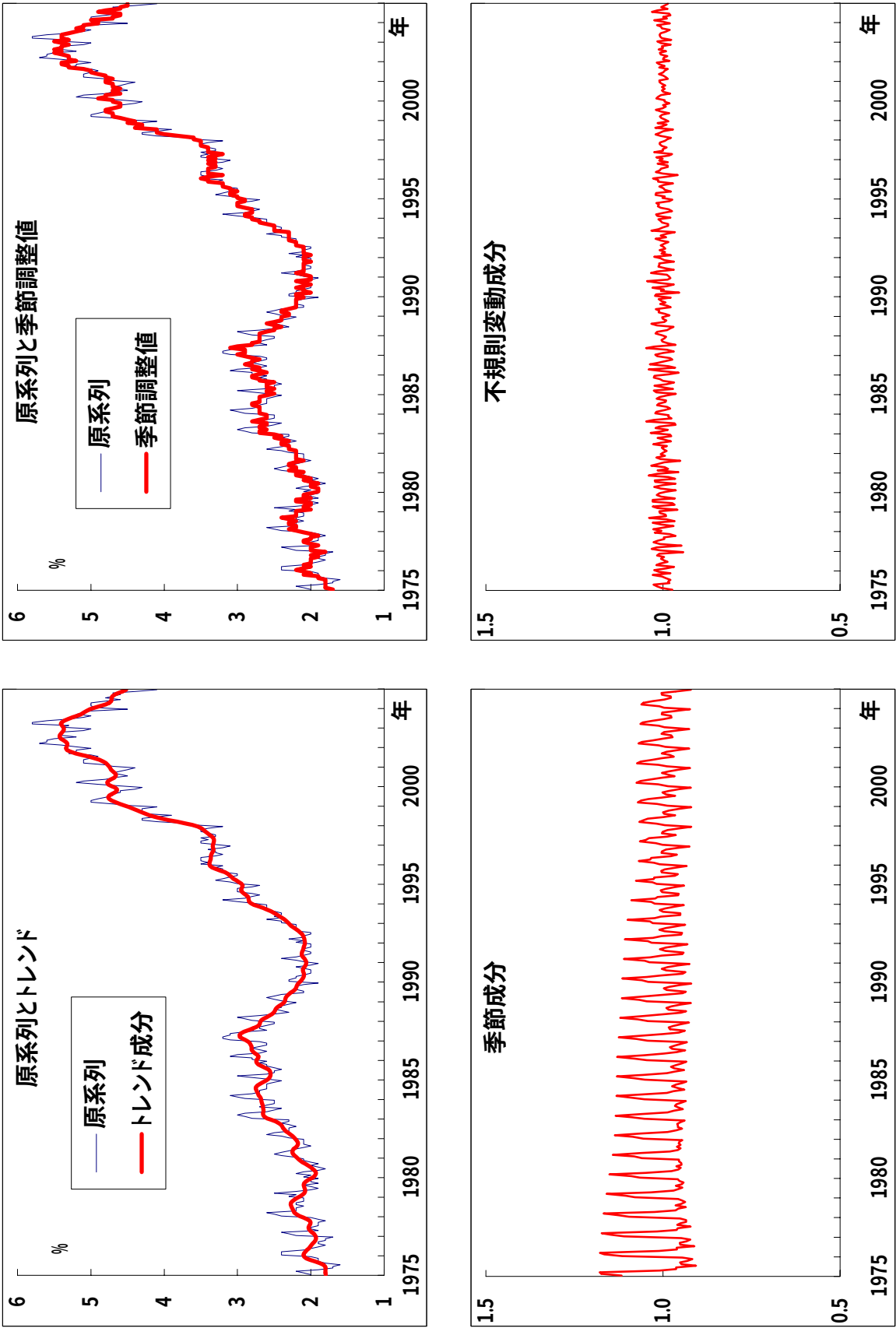
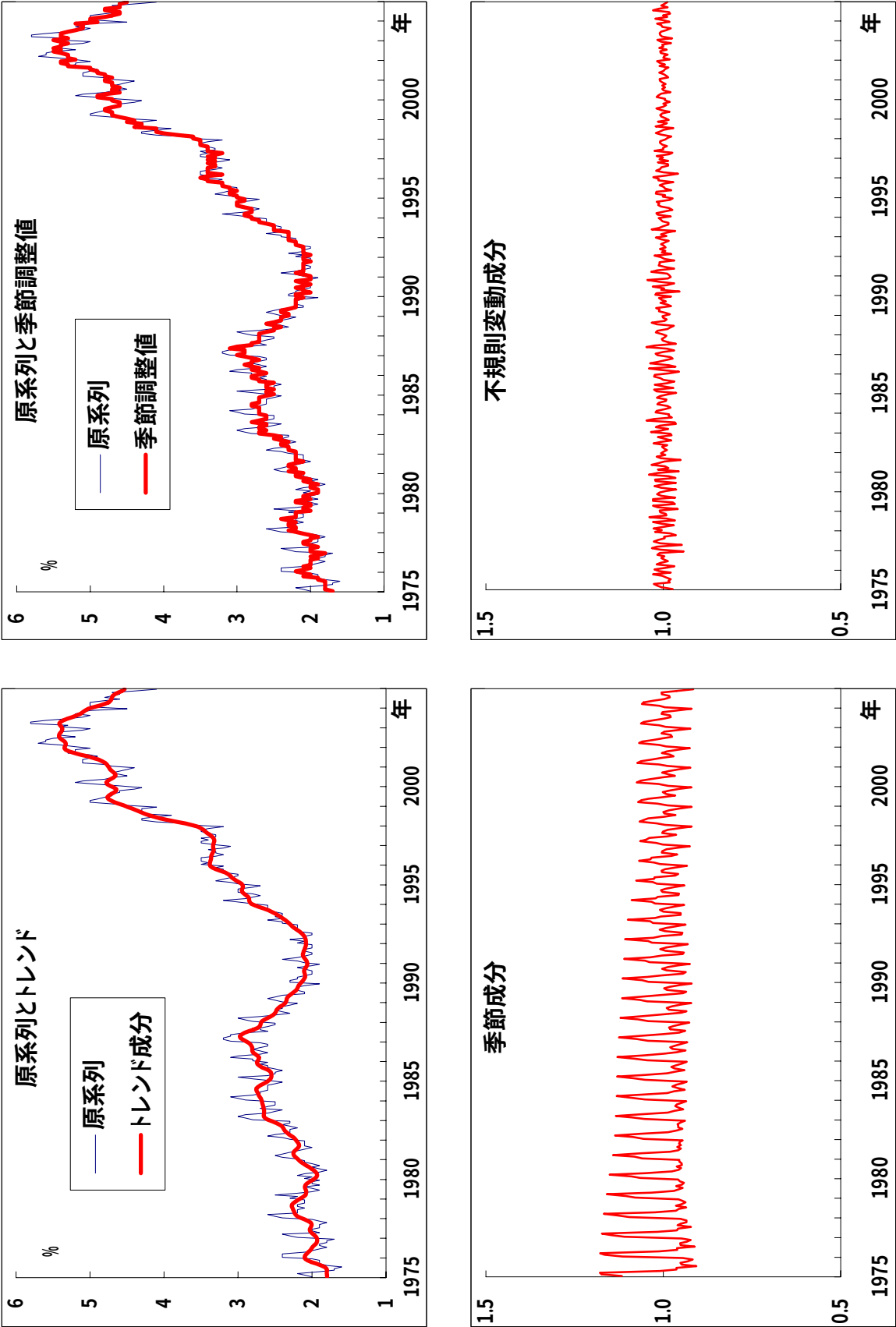


図2 X12-ARIMAの各成分のグラフ



(2) 高部勲：完全失業率への適用で見た季節調整法の比較

図3 TRAMO-SEATSの各成分のグラフ

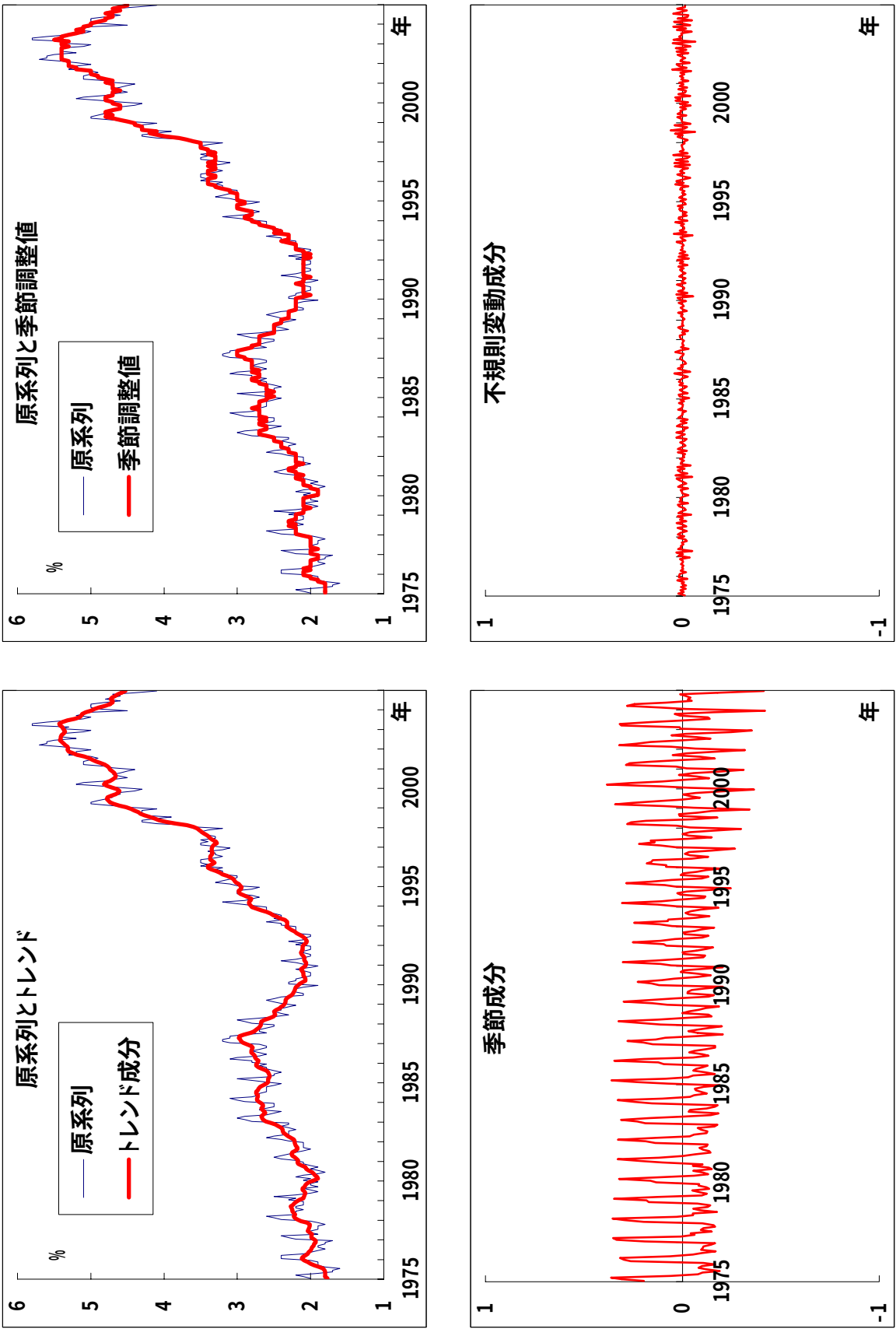
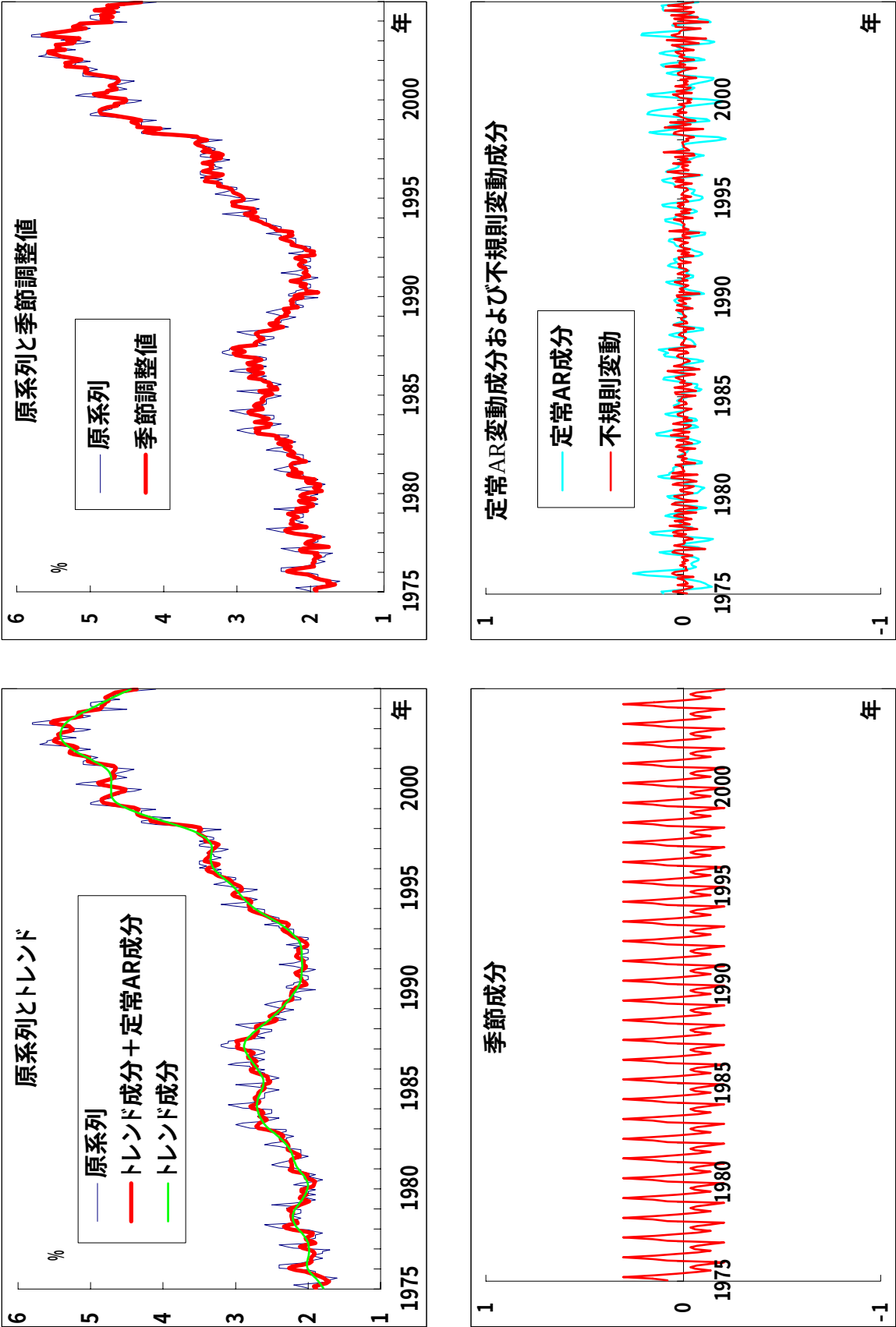


図4 DECOMPの各成分のグラフ



(2) 高部勲：完全失業率への適用で見た季節調整法の比較

図5 各季節調整値の比較

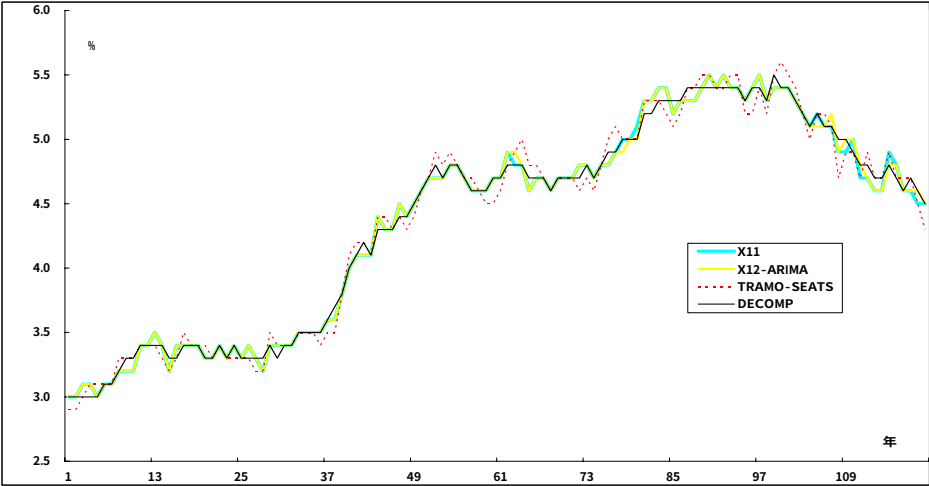


図6 各季節調整値の比較（1階階差）

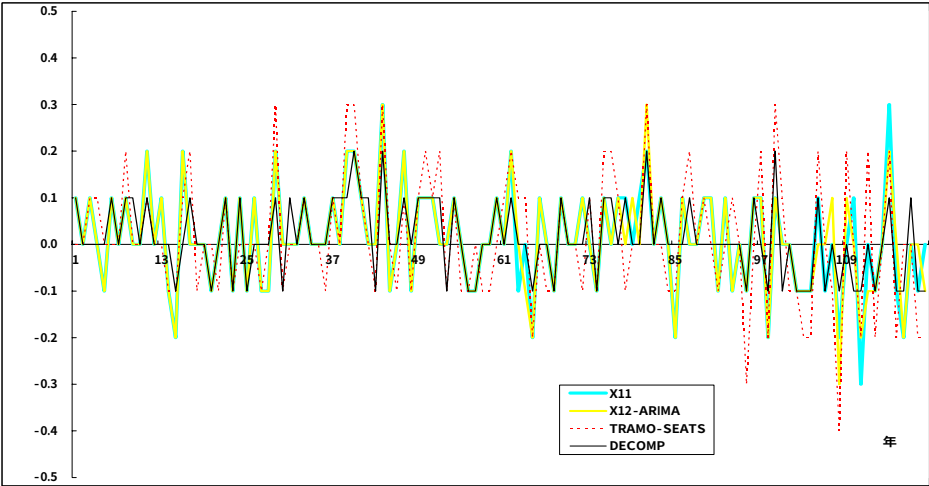


図7 各季節調整値の前期比（絶対値）の年平均

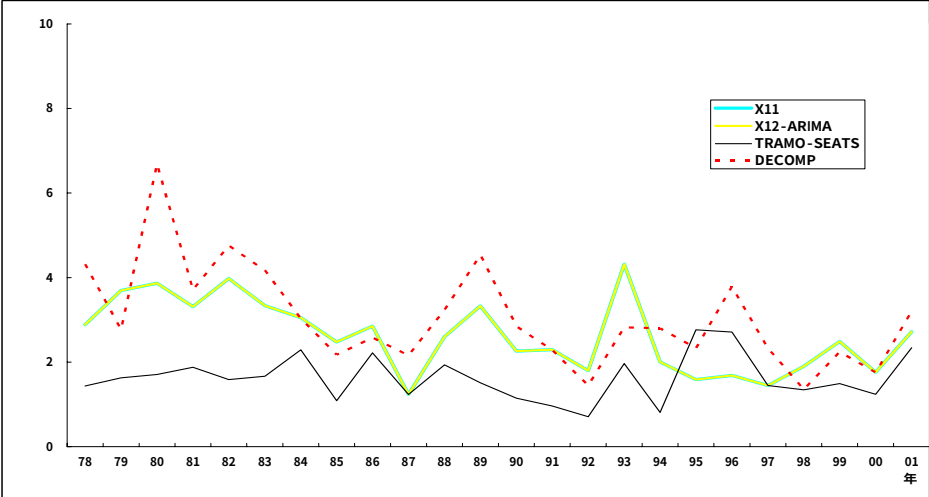


図8 トレンドの比較

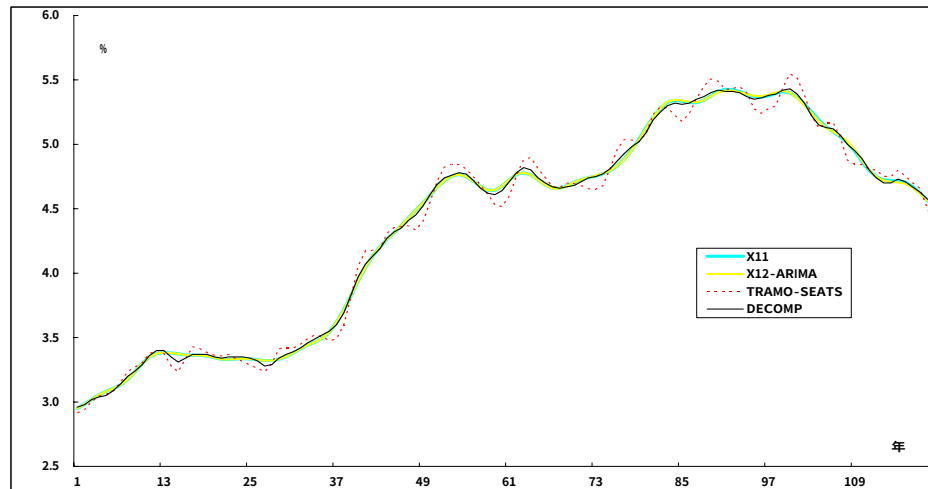


図9 MPD の年平均

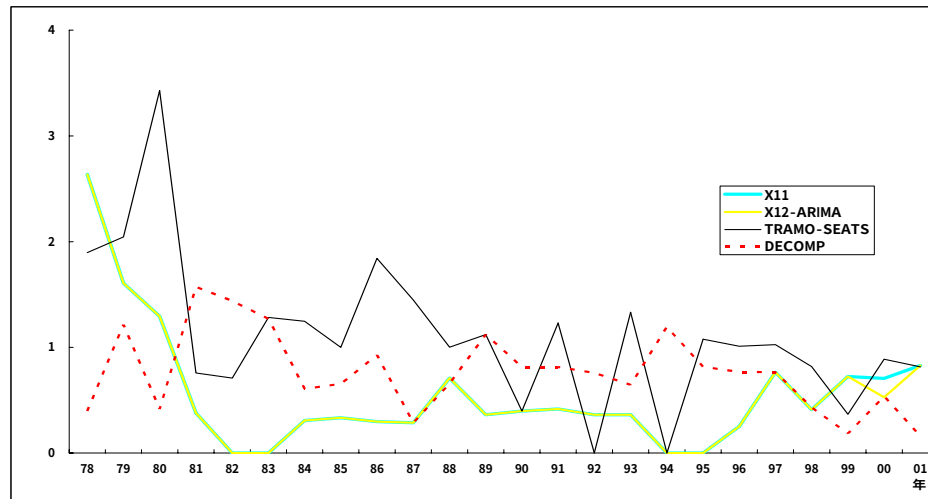
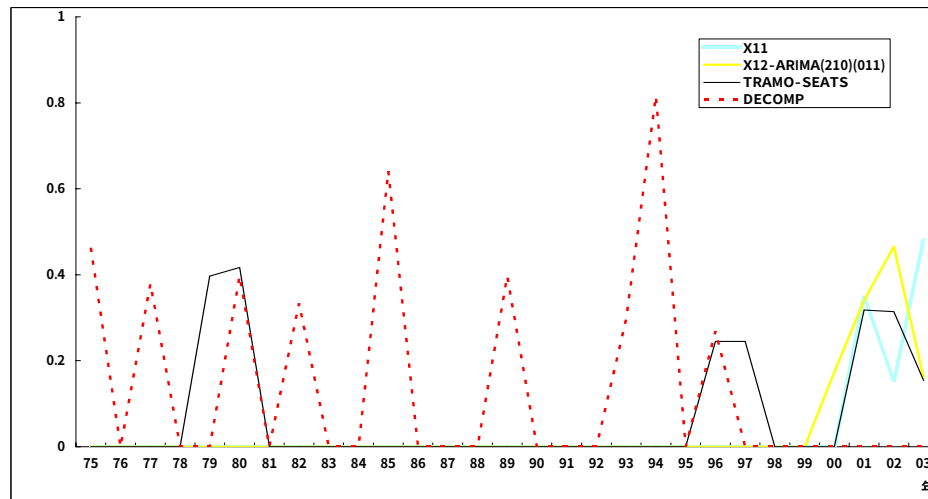


図10 MAPR の年平均



(2) 高部勲：完全失業率への適用で見た季節調整法の比較

図11 1年毎の改定のグラフ

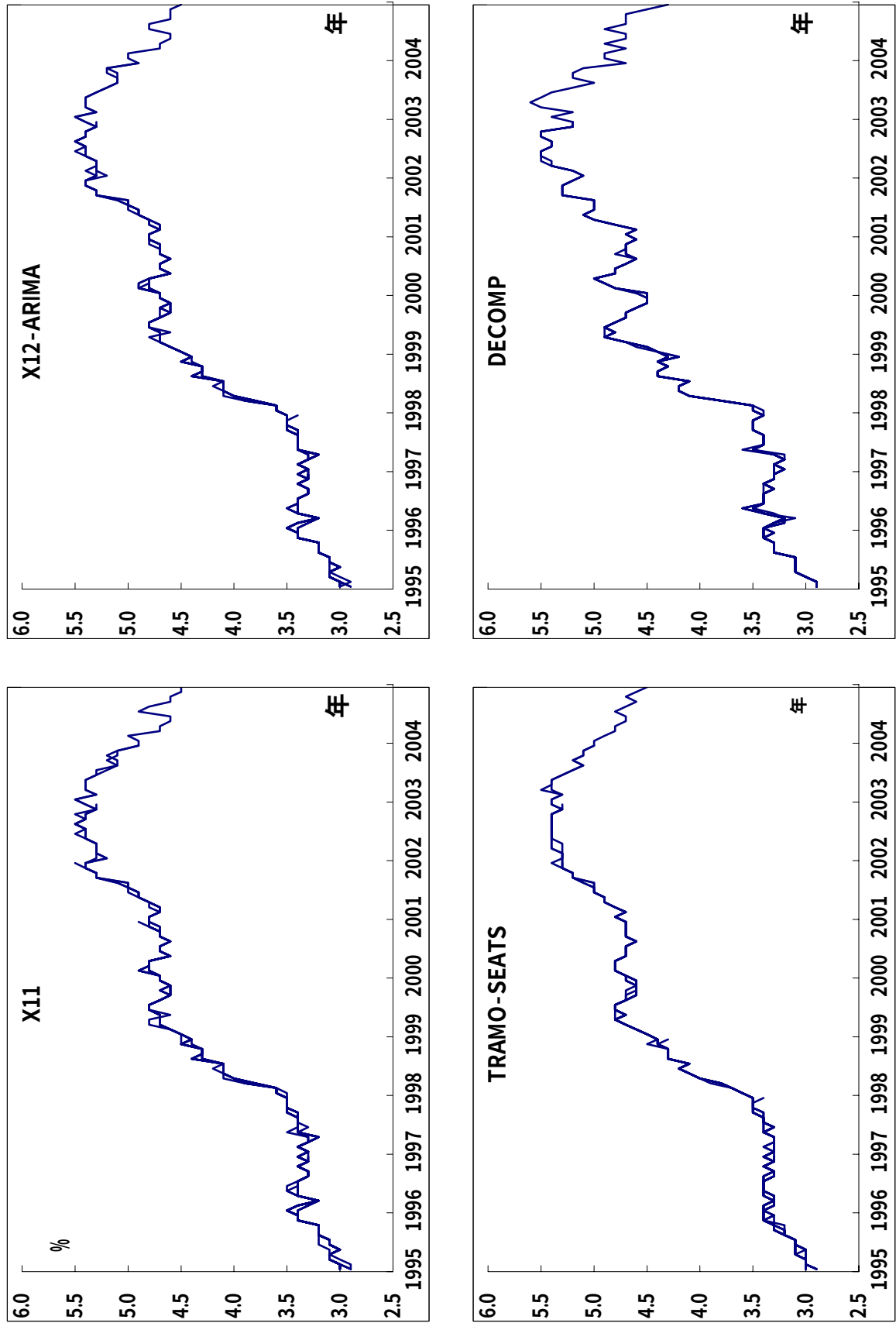


図 12 各手法におけるパワースペクトルの比較（原系列と季節調整値）

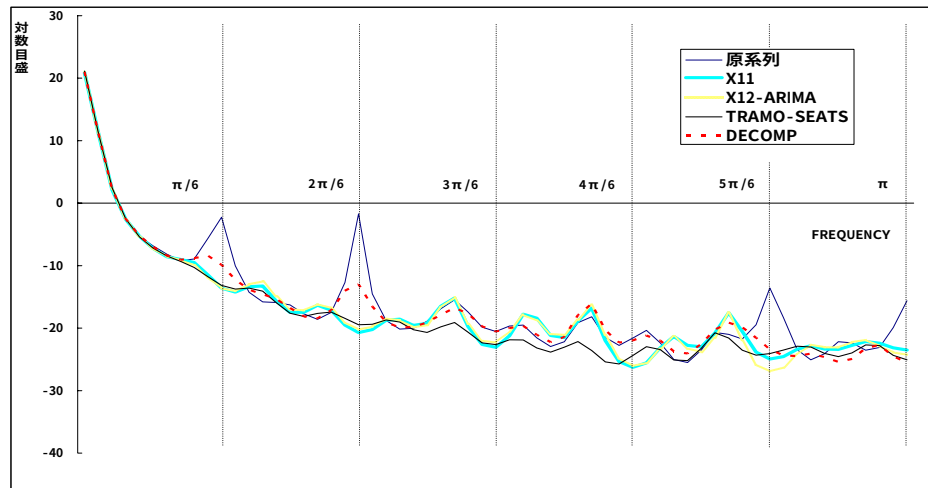


図 13 各手法におけるパワースペクトルの比較（不規則変動）

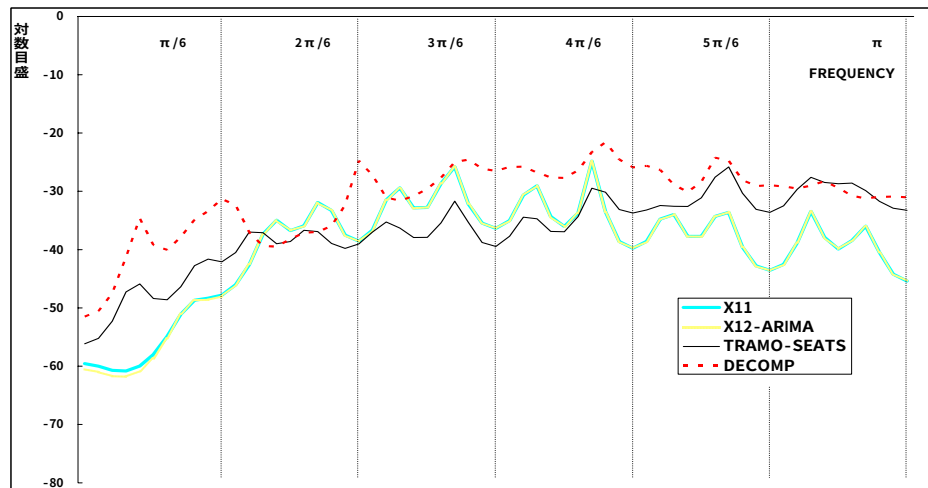
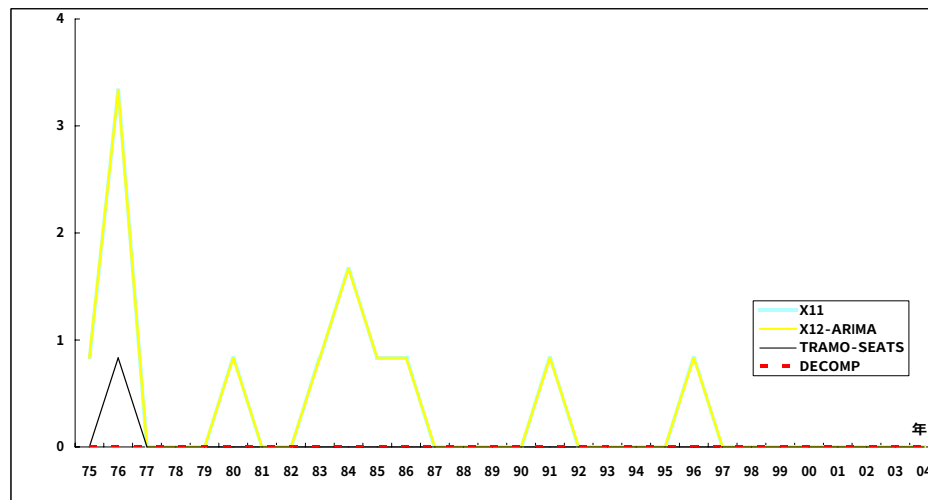


図 14 再帰性の診断の年平均



(2) 高部勲：完全失業率への適用で見た季節調整法の比較

図15 原系列の自己相関と偏自己相関のグラフ

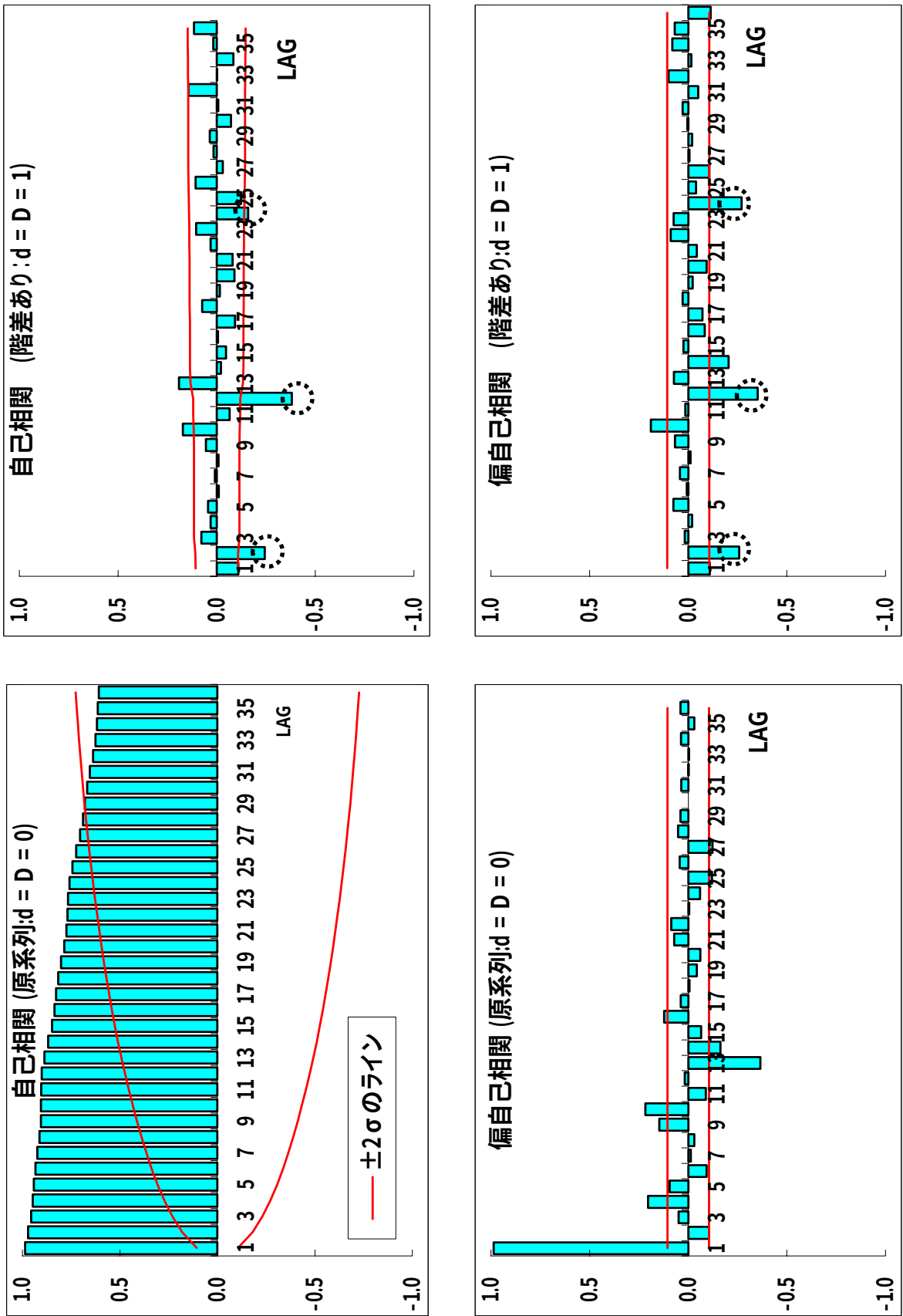


表1 各季節調整法のオプション等の設定

季節調整手法	オプション等の設定	使用したソフトウェア
X11	・時系列には乗法型モデルを仮定。 ・管理限界を $(9.8\sigma, 9.9\sigma)$ に設定。 ・移動平均の項数などは自動選択。 ・Reg-ARIMAは適用しない。 ・X11デフォルトに設定。	センサス局がホームページ上で配付している季節調整用ソフトウェアX12-ARIMA (http://www.census.gov/srd/www/x12a/ よりダウンロード可能) を使用。
X12-ARIMA	・時系列には乗法型モデルを仮定。 ・管理限界を $(9.8\sigma, 9.9\sigma)$ に設定。 ・移動平均の項数などは自動選択。 ・ARIMAモデルは、Box-Jenkinsの方法(付録参照)により(211)(011)を選択。	同上
TRAMO-SEATS	・時系列に加法型モデルを仮定。 ・ARIMAモデルは、自動選択の結果(211)(011)を適用。 ・上記以外の設定は全てデフォルト。	統計解析パッケージE-Viewsに収録されているTRAMO-SEATSコマンドを使用
DECOMP	・時系列に加法型モデルを仮定。 ・AICによる選択の結果、トレンド次数2、AR次数2のモデルを使用。	統計数理研究所の佐藤整尚氏により開発された、Web-DECOMP (http://ssnt.ism.ac.jp/inets2/title.html から利用可能) を使用。

全ての手法に共通の設定

- ・1975年1月から2004年12月までの30年分の完全失業率全国結果を使用。
- ・完全失業者数(万人単位)を労働力人口(万人単位)で割り、小数点第7位で丸めた結果に対して、各季節調整法を適用。
- ・上記の結果を100倍し、小数点第2位で丸めたものを、最終的な季節調整結果とする。
- ・外れ値、曜日等の調整は適用しない。
- ・対数変換は適用しない。

表2 各ARIMAモデルにおけるAIC

季節ARIMA(PDQ)		(110)	(210)	(111)	(012)	(011)
通常 ARIMA (pdq)	(110)	-3675.24	-3727.20	-3749.94	-3750.51	-3750.45
	(011)	-3677.92	-3729.74	-3750.90	-3751.51	-3751.32
	(111)	-3681.76	-3733.80	-3753.67	-3754.36	-3753.87
	(012)	-3696.86	-3746.85	-3768.24	-3768.62	-3769.01
	(212)	-3700.62	-3747.83	-3769.03	-3769.27	-3770.20
	(210)	-3700.79	-3749.48	-3769.68	-3770.05	-3770.47
	(112)	-3702.39	-3749.50	-3770.64	-3770.93	-3771.64
	(211)	-3700.92	-3749.07	-3770.57	-3770.78	-3771.83

※ 左上から右下に向かってAICが低くなるように、行と列を適当に並べ替えている。

(2) 高部勲：完全失業率への適用で見た季節調整法の比較

表3 ARIMA モデル(211)(011)のパラメータ

ARIMAモデルのパラメータ

operator	factor	period	lag	estimate	std err	variance
AR	Nonseasonal	1	1	-4.61E-01	1.59E-01	1.05E-06
AR	Nonseasonal	1	2	-2.65E-01	5.25E-02	
MA	Nonseasonal	1	1	-4.22E-01	1.63E-01	
MA	Seasonal	12	12	7.72E-01	3.70E-02	

表4 ARIMA モデル(211)(011)のゼロ根

根

Operator	Factor	Root	Real	Imaginary	Modulus	Frequency
AR	Nonseasonal	1	-0.87	1.74	1.94	0.32
AR	Nonseasonal	2	-0.87	-1.74	1.94	-0.32
MA	Nonseasonal	1	-2.37	0.00	2.37	0.50
MA	Seasonal	1	1.29	0.00	1.29	0.00

表5 ARIMA モデル(211)(011)の残差分析

Lag(DF)	5(1)	6(2)	7(3)	8(4)	9(5)	10(6)	11(7)	12(8)	13(9)	14(10)	15(11)	16(12)
Q	1.83	1.88	2.27	2.27	5.89	8.01	8.43	8.49	15.92	18.50	18.76	18.76
P	0.18	0.39	0.52	0.69	0.32	0.24	0.30	0.39	0.07	0.05	0.07	0.09
Lag(DF)	17(13)	18(14)	19(15)	20(16)	21(17)	22(18)	23(19)	24(20)	25(21)	26(22)	27(23)	28(24)
Q	20.96	22.44	23.48	25.39	26.09	27.03	28.95	32.69	33.48	34.34	35.28	35.29
P	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.08	0.07	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06
Lag(DF)	29(25)	30(26)	31(27)	32(28)	33(29)	34(30)	35(31)	36(32)	正規性の検定			
Q	35.29	35.55	35.60	36.71	36.72	37.04	37.23	37.83	Geary's a		0.77	
P	0.08	0.10	0.12	0.13	0.15	0.18	0.20	0.22	Kurtosis		3.48	

Q：Ljung-Box の Q 統計量 P：Q 統計量の有意水準 5%での P 値

表6 DECOMP の各モデルのパラメータおよび統計量

	T=1, AR=0	T=2, AR=0	T=1, AR=1	T=2, AR=1	T=1, AR=2	T=2, AR=2
対数尤度	1929.78	1901.62	1935.02	1933.65	1938.42	1946.97
AIC	-3829.56	-3771.24	-3834.04	-3829.31	-3836.83	-3851.93
観測雑音の分散	4.82E-07	4.80E-07	3.29E-07	4.32E-07	3.22E-07	3.15E-07
トレンド成分の分散	1.00E+00	1.76E-01	1.00E+00	5.95E-03	1.00E+00	2.50E-02
定常AR成分の分散	—	—	1.00E+00	1.00E+00	7.20E-01	1.00E+00
季節成分の分散	1.00E-04	3.20E-02	1.00E-04	1.00E-04	1.00E-04	1.00E-04
AR係数(1次)	—	—	0.90	0.90	1.08	1.08
AR係数(2次)	—	—	—	—	-0.44	-0.47

表7 各手法における季節調整値の指標

	X11	X12 -ARIMA	DECOMP	TRAMO -SEATS
前期比(絶対値)の合計	867	863	1042	556
月次再帰性合計	1.70	1.80	0.10	0.10
月次MAPRの合計	0.12	0.14	0.48	0.25
月次MPDの合計	1.61	1.59	2.21	3.21

表 8 X11 における推定季節指数の改定 (推定値－改定値)

推計期間	04年	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
	1月											
74年 1月～03年12月	-0.4	-0.7	0.7	0.3	0.9	0.8	-1.1	-0.7	0.6	-0.9	0.1	0.6
74年 2月～04年 1月	-0.4	-0.8	0.7	0.3	0.9	0.8	-1.1	-0.6	0.6	-0.9	0.1	0.5
74年 3月～04年 2月	-0.5	-0.8	0.8	0.4	0.9	0.8	-1.1	-0.7	0.6	-0.9	0.1	0.5
74年 4月～04年 3月	-0.2	-0.3	-0.3	0.5	1.0	0.8	-1.1	-0.6	0.6	-0.9	0.1	0.6
74年 5月～04年 4月	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	1.0	0.8	-1.1	-0.6	0.6	-0.8	0.1	0.6
74年 6月～04年 5月	-0.2	-0.1	0.0	0.2	0.6	0.8	-1.1	-0.6	0.7	-0.7	0.2	0.7
74年 7月～04年 6月	-0.3	-0.2	0.0	0.3	0.7	1.0	-1.0	-0.6	0.7	-0.8	0.1	0.5
74年 8月～04年 7月	-0.2	-0.2	0.0	0.1	0.3	0.4	0.4	-0.7	0.6	-0.9	0.0	0.5
74年 9月～04年 8月	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.0	-0.3	0.5	-0.9	0.0	0.5
74年 10月～04年 9月	-0.2	-0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.3	-0.8	0.1	0.6
74年 11月～04年10月	-0.2	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.0	-0.2	-0.6	0.1	0.6
74年 12月～04年11月	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	-0.3	-0.4	0.7
75年 1月～04年12月	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 9 X12-ARIMA における推定季節指数の改定 X12-ARIMA (推定値－改定値)

推計期間	04年	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
	1月											
74年 1月～03年12月	-0.7	-0.9	0.8	0.4	1.3	1.0	-1.2	-0.7	0.3	-0.7	-0.1	0.5
74年 2月～04年 1月	-0.5	-0.8	0.8	0.4	1.3	1.0	-1.2	-0.7	0.3	-0.7	-0.2	0.4
74年 3月～04年 2月	-0.5	-0.9	0.7	0.4	1.3	1.0	-1.2	-0.7	0.3	-0.7	-0.1	0.5
74年 4月～04年 3月	0.1	-0.1	-0.3	-0.3	1.2	0.8	-1.4	-0.8	0.4	-0.5	0.1	0.9
74年 5月～04年 4月	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	1.2	0.8	-1.4	-0.8	0.4	-0.5	0.1	0.9
74年 6月～04年 5月	0.4	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	-1.6	-0.9	0.3	-0.6	0.1	1.0
74年 7月～04年 6月	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	-1.5	-0.9	0.3	-0.6	0.1	0.9
74年 8月～04年 7月	0.3	0.1	0.0	-0.1	-0.2	-0.4	-0.6	-0.3	0.4	-0.5	0.3	1.1
74年 9月～04年 8月	0.3	0.1	0.1	0.0	-0.1	-0.2	-0.4	-0.6	0.1	-0.6	0.2	1.0
74年 10月～04年 9月	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	-0.1	-0.3	-0.4	-0.8	0.2	0.9
74年 11月～04年10月	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.5	-0.7	0.3	1.0
74年 12月～04年11月	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	0.6
75年 1月～04年12月	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

※ (当該期間に適用した季節指数) - (75 年 1 月～04 年 12 月に適用した季節指数) の値である。

※ 網掛けは当該期間の向こう 1 年間に対応する推定季節指数である。