

主要果樹の収量変動の特徴

誌名	果樹試験場報告. A = Bulletin of the Fruit Tree Research Station. A
ISSN	03852326
著者	朝倉, 利員 鴨田, 福也 本條, 均
巻/号	15号
掲載ページ	p. 69-82
発行年月	1988年3月

主要果樹の収量変動の特徴^{†1}

朝倉利員, 鴨田福也, 本條 均^{†2}

I 結 言

果樹は永年生作物であり、樹種によっては収量変動しやすい性質を持っている。収量変動の原因には主に気象要因、樹体要因が考えられ、特に気象変動は近年激しくなっておりさまざまな気象災害を引き起こし作柄を不安定にしている。被害の激しい場合には、その年だけでなく数年にわたってその影響が続くこともある。また、樹体要因では表年・裏年といわれるようにある周期をもって収量変動している樹種もある。こうした特徴をもつ果樹の収量変動の実態を明らかにすることは、安定生産、安定供給を図る上で重要である。果樹の収量の変動は一年生作物と異なり複雑であり、従来、生理的な面から隔年結果の要因解析や対策が検討されてきた (Monselise ら, 1982; 大垣, 1973)。しかし、実際の収量変動の大きさや周期などの基礎的なデータは少ない。変動の大きさや気象要因との関連では、種類別の変動係数を求めたり (中川, 1982)、ウンシュウミカン (岡田ら, 1981) やビワ (朝倉, 1986) の収量変動の特徴や気象要因との関係が検討されている。果樹の収量変動の周期については、Gemoets ら (1976) のペカンの解析例があるにすぎない。彼らは、スペクトル解析によりアメリカのペカンの収量変動の周期として、2年、2.5年、4年等を認めている。また Pearce ら (1967) はモデルを使い隔年結果性の強さを表すための指標を比較しているが、それらの指標の持つ意味や有効性は、はっきりしていないと考えられる。最近、新しいスペクトル解析の方法である MEM (最大エントロピー法, Maximum Entropy Method) が利用されるようになり、Uchijima (1981) は作物の収量変動に適用し、5年以上の長い周期のスペクトルの特徴を明らかにしている。

ここでは、主要果樹12種類 (常緑4種類, 落葉8種類) の収量変動の特徴を明らかにするため、収量変動の程度、変動の周期性および地域性を検討した結果を報告する。

II 実験材料及び方法

1. 資 料

ここで用いた収量は、果樹生産出荷累年統計 (農林水産省統計情報部) の昭和38年から59年までの全国と県別の収穫量を結果樹面積で除して単位面積当りで表したものである。昭和37年以前の統計には結果樹面積のデータがないので、昭和37年以前のデータを合わせて使う場合には、結果樹面積の代わりに栽培面積により計算した。検討した果樹は、常緑果樹ではウンシュウミカン、ナツミカン、ネーブルオレンジ、ビワの4種類、落葉果樹ではリンゴ、ブドウ、ナシ、モモ、ウメ、オウトウ、カキ、クリの8種類とした。

^{†1} 果樹試業績番号: A-218 (1987年12月10日受付)

^{†2} 現 九州農業試験場

2. 解析方法

(1) 作柄指数の計算

平年の収量は栽培技術の向上、品種構成、樹齢の変化などにより変化するので、(1)式により作柄指数 (yield index) を求めた。

$$\text{作柄指数} = \frac{\text{当該年収量}}{\text{推定平年収量}} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

なお、樹種ごとの推定平年収量は各調査収量に高次回帰式を当てはめ、それによる傾向曲線から求めた。推定平年収量の推移は、樹種により異なると予想されたので、ここでは回帰式として4次の多項式を用い、解析には収量の代わりに主に作柄指数を用いた。

(2) 変動の程度

調査年全体を通じての収量変動の大きさを表すため、作柄指数の標準偏差から変動係数 (CV) を計算した。さらに、Pearce ら (1967) が隔年結果性の解析に用いている I , K , B の指標の意味や有効性についてもあわせて検討した。 I , K , B の計算には作柄指数ではなく、収量の値を用いた。 I , K の指標は、収量の時系列を $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, \dots, X_n$ とすると、次の式で表せる。

$$I = \frac{1}{n-1} \left(\frac{|X_2 - X_1|}{X_2 + X_1} + \frac{|X_3 - X_2|}{X_3 + X_2} + \dots + \frac{|X_n - X_{n-1}|}{X_n + X_{n-1}} \right) \dots \dots \dots (2)$$

$$K = \left\{ \frac{1}{n-1} \left(\left(\frac{X_2 - X_1}{X_2 + X_1} \right)^2 + \left(\frac{X_3 - X_2}{X_3 + X_2} \right)^2 + \dots + \left(\frac{X_n - X_{n-1}}{X_n + X_{n-1}} \right)^2 \right) \right\}^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (3)$$

B は隣りあう年の収量の差を取った時に、符号の変化する割合を%で表したものであり、計算の手順は以下のようになる。

(例) 収量 50, 100, 70, 50, 60, 120

増減符号 + - - + +
変化 ○ ○

この例では、符号が全部変化すると4回となるが、符号の変化しているのは○印の2箇所であるので、 $B = 2/4 = 50$ (%) となる。

(3) 主産県の作柄指数の変化と産地間の類似性

主産県の作柄指数の変動係数を求め、その大小や変動傾向を比較した。また、県別の作柄指数の相関係数から類似性を調べた。

(4) 変動の周期性

収量変動の周期性はスペクトル解析により行った。ここでは、パワースペクトルにより、作柄指数の変動にどのような周期の波が強いかを調べた。解析には、昭和38年以降のデータだけでは、データ数が不足するので明治38年以降の資料 (果樹生産出荷累年統計) を用い、資料のそろっている8種の果樹、ウンシュウミカン、ビワ、リンゴ、ナン、ブドウ、モモ、ウメ、アウトウについて検討した。ここでは、作柄指数の計算に4次の多項式の代わりに5年の移動平均を用いたが、その理由は、4次の多項式に比べ5年の移動平均が短い周期の変動解析に適すると考えられたからである。パワースペクトルの計算は FET 法 (高速フーリエ変換) や Blackman-Tukey 法に比べて、デ

ータ数が少なくても分解能の高いとされるMEMで行った(日野, 1977; Uchijima, 1981).

III 実験結果

1. 平年収量の年次変化

それぞれの年の作柄を検討する前に、平年の収量の傾向を検討した。常緑果樹、落葉果樹の全国収量の年次変化をそれぞれ Fig. 1, Fig. 2 に示した。図の滑らかな曲線の示す推定平年収量(yield trend)は果樹の種類により、また年により異なる。10a 当りの推定平年収量はウンシュウミカン、ナツミカンの1.5~2.5トン、ネーブルオレンジの1.0~1.5トン、ビワの0.6~0.7トンとなっている。また、落葉果樹ではニホンナシ1.9~2.8トン、リンゴ1.8~2.0トン、モモ1.1~1.7トン、ブドウ、カキ1.0~1.2トン、オウトウ0.7~0.8トン、ウメ0.4~0.5トン、クリ0.2トンの順となっている。推定平年収量の年次別の推移をみると、ナツミカンはほぼ上昇傾向を示し、ウンシュウミカン、ネーブルオレンジ、ニホンナシ、モモは上昇傾向から近年停滞、または減少傾向を示した。その他、ビワ、リンゴ、ブドウ、ウメ、クリは推定平年収量の変動が少ない、それぞれの年の収量は推定平年収量を中心に上下に変動している。収量の変動傾向は樹種により異なる場合が多いが、ナツミカンとネーブルオレンジの変動傾向は比較的一致している。

2. 樹種別の変動係数、変動の指標

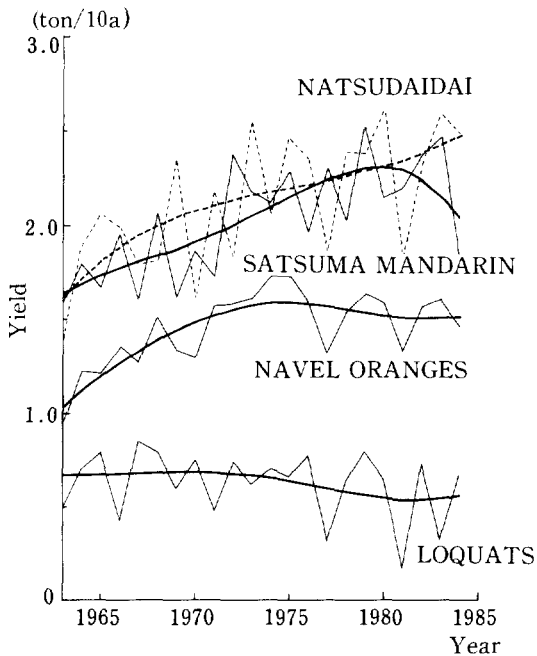


Fig. 1. Annual yield changes of satsuma mandarin, Natsudaidai, navel orange and loquat. Thin line: actual yield, thick line: yield trend (a fourth-degree polynomial is used to fit non-linear equation).

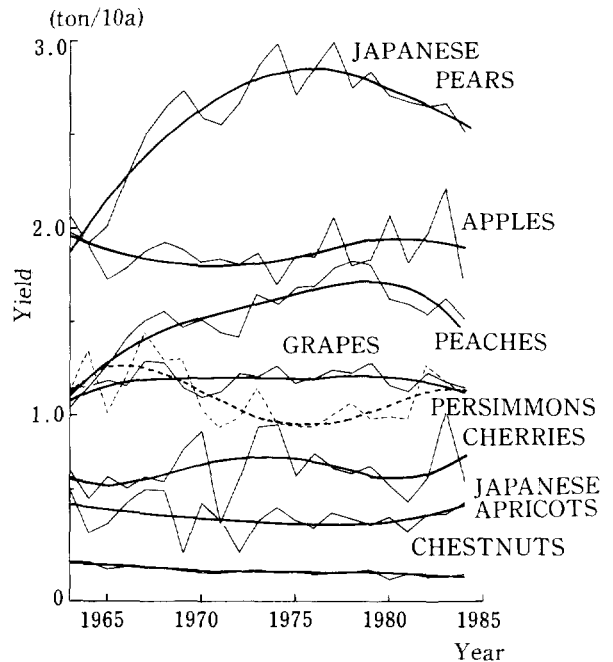


Fig. 2. Annual yield changes of Japanese pear, apple, peach, grape, persimmon, cherry, Japanese apricot and chestnut. Thin line: actual yield, thick line: yield trend (a fourth-degree polynomial is used to fit non-linear equation).

主種果樹の作柄指数の変動係数、変動の指標とされる I , K , B の値を Table 1 に示した。この中では、ビワの収量変動が最も激しく、変動係数で28.8%、ついでウメ18.8%、オウトウ18.4%、ナツミカン12.5%となっている。リンゴ、ブドウ、ナシ、モモの変動係数は4~6%で比較的小さい。また、一般に隔年結果性の強いと言われているウンシュウミカンやカキ、クリは7~10%である。 I , K の値は絶対値では変動係数と異なるが大小の傾向は同様となった。相関係数は CV と I との間で0.986、また CV と K で0.991となった。 B の値が大きい果樹は、ウンシュウミカン85%、ビワ80%、ナツミカン75%などであり、一方 B が小さいのはモモ45%、ニホンナシ50%、ネーブルオレンジとウメの55%であった。 CV と B の相関係数は0.479であり、ウンシュウミカンやウメでは異なる傾向を示した。

3. 樹種別、県別の作柄指数の年次変化

主要果樹の主産県における作柄指数の年次変化を全国ベースの変化とあわせて検討した。一般的には、主産県の変動傾向が相互に異なれば、収量の増減を打ち消し合って全国ベースの変化は小さくなる。一方、主産県の変動傾向が同じであれば、全国収量も同じ傾向となり変動はあまり小さくならない。また、ビワやオウトウのように一県で全国収量の大部分を占める場合には、その県の変動の影響が強く現れる。

ウンシュウミカン、ナツミカン、ネーブルオレンジ、ビワの作柄指数 (yield index) の年次変動を主産県及び全国についてみると Fig. 3 のようになる。ウンシュウミカンの主産県の変動係数は静岡8.8%、和歌山12.0%、愛媛13.4%、佐賀10.6%、熊本9.2%であり、各県とも変動係数は小さい。なお、各年度ごとの変動傾向は、どの県も同じ傾向で推移しており、増収・減収の年はほぼ共通している。増収の年は、1966, 1968, 1972, 1975, 1979, 1983年であり、減収の年は、1967, 1969, 1971, 1976, 1978, 1980年である。さらに、静岡、愛媛の市町村別の作柄指数の変動も県内では同じ傾向で推移することが認められた。ナツミカンは和歌山、愛媛のように似た傾向の県もあるが、それらの県と大分、鹿児島では傾向が異なる。また、変動係数の範囲も9.9~16.8%でウンシュウミカンに比較して差が大きい。ネーブルオレンジの変動傾向は県により大きく異なり、ま

Table 1. Comparison of alternation indices for main fruit crops.

Fruit crop	CV (%)	I	K	B (%)
Satsuma mandarin	9.6	0.077	0.088	85
Natsudaikai	12.5	0.090	0.107	75
Navel oranges	7.9	0.049	0.062	55
Loquats	28.8	0.223	0.283	80
Apples	6.1	0.037	0.047	60
Grapes	4.6	0.026	0.032	70
Japanese pears	4.1	0.025	0.029	50
Peaches	5.0	0.026	0.032	45
Japanese apricots	18.8	0.118	0.157	55
Cherries	18.4	0.112	0.143	70
Persimmons	9.3	0.055	0.070	65
Chestnuts	6.9	0.043	0.060	60

I , K and B were calculated according to Pearce *et al.* (1967).

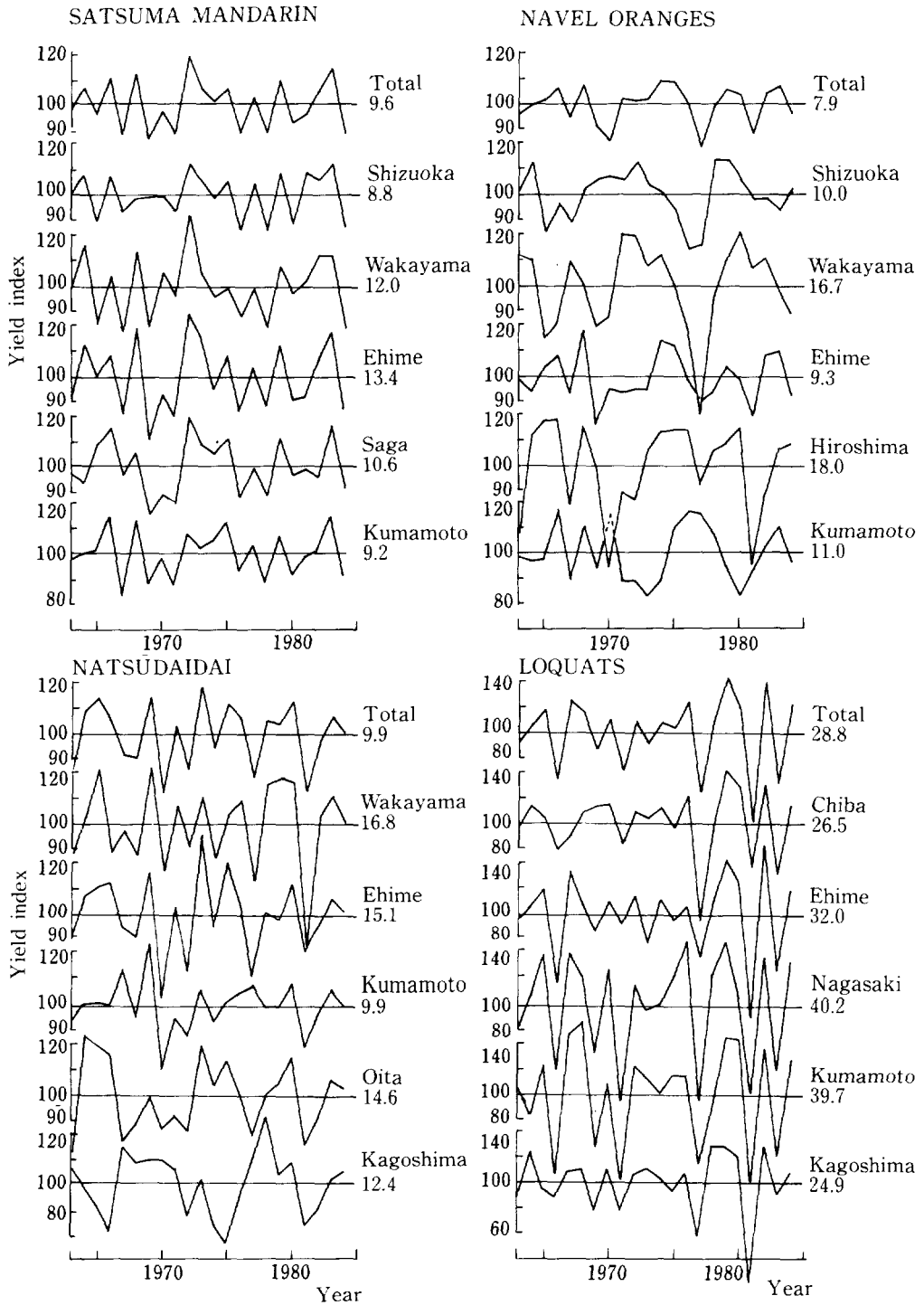


Fig. 3. Yield index fluctuations of satsuma mandarin, Natsudaidai, navel orange and loquat in national total and representative prefectures. Numerical values denote CV (%).

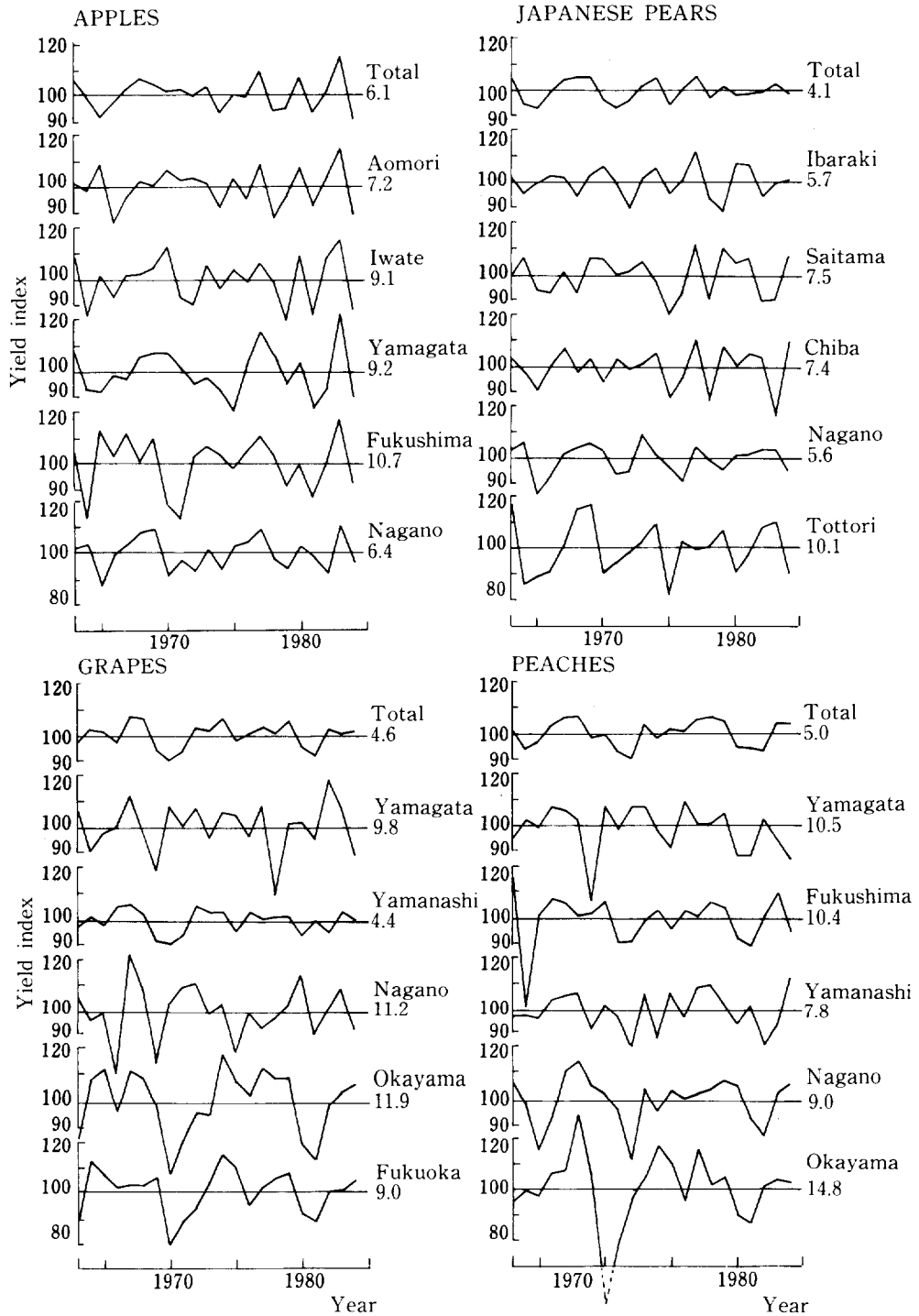


Fig. 4. Yield index fluctuations of apple, grape, Japanese pear and peach in national total and representative prefectures. Numerical values denote CV (%).

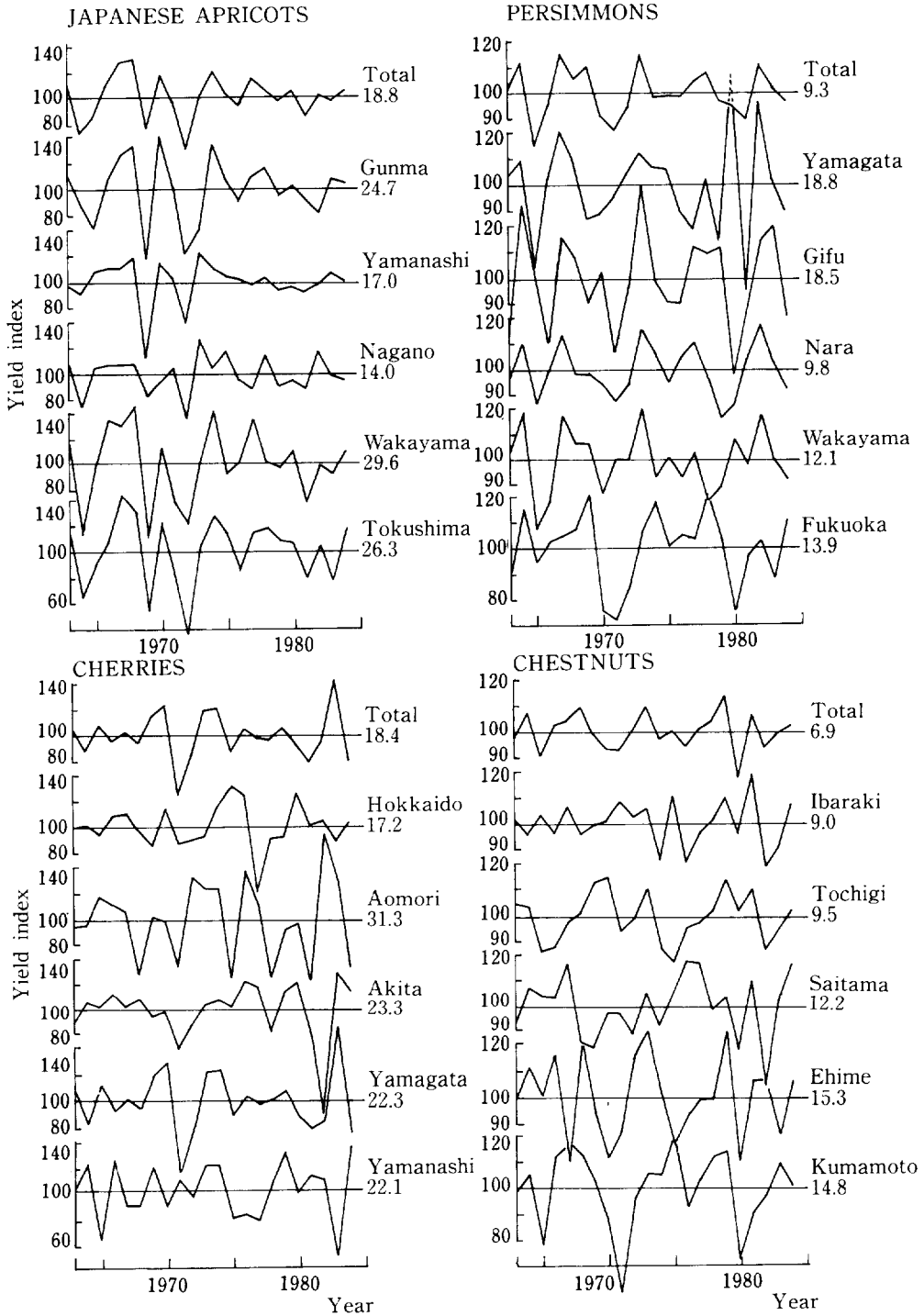


Fig. 5. Yield index fluctuations of Japanese apricot, cherry, persimmon and chestnut in national total and representative prefectures. Numerical values denote CV (%).

た、作柄指数が50以下となるような年のある県も認められる。全国の作柄指数の変動係数はウンシュウミカンの9.6%に比べて7.9%と低いが、県によっては20%近い変動係数の県もある。ビワ主産県の変動係数は25~40%で他の果樹に比べ最も変動係数が大きく、1975年以降、変動が大きくなっている。1976年、1981年のように作柄指数が50を割る場合も多く多くの県で認められる。また主産県の変動は似ており、減収程度の激しい年は、特にその傾向が強い。増収の年は1967、1968、1976、1979、1980、1982、1984年であり、また減収の年は、1966、1971、1977、1981、1983年である。

リンゴ、ブドウ、ナン、モモの作柄指数の年次変動を Fig. 4 に示した。リンゴの全国の変動係数は6.1%であり、主産県である青森、長野のそれぞれの変動係数7.2%、6.4%と同様の値を示した。また、1975年以降の変動は主産県間でよく似た傾向を示した。ブドウは最大産地の山梨の変動係数が4.4%と小さく、また産地間の変動傾向が岡山と福岡を除き異なるので、変動を打ち消し合い、全国の変動係数は4.6%となっている。しかし、年によっては作柄指数が80以下となる県もみられる。ニホンナシは主産県の変動係数はほぼ10%以下であり、また変動傾向の似た関東の3県と最大産地の鳥取とでは変動傾向が異なるので、全国の変動係数は4.1%となり、最も変動の小さいことが認められた。モモの主産県の変動係数は7.8~14.8%と大きい、その傾向は県により異なるので、全国の変動係数は5.0%となり変動は小さい。

ウメ、オウトウ、カキ、クリの作柄指数の年次変動を Fig. 5 に示した。なお、ウメは主産県の変動傾向が極めて類似した果樹であり、特に、1964、1969、1972年は全国的に大幅な減収となり、作柄指数が50を割る県もみられる。しかし、変動係数の大きさは長野や山梨の15%程度の所から、和歌山や徳島のように30%近い所もみられる。また、1975年を境に変動の大きさが異なり、近年変動が小さくなっている。オウトウは全国の変動係数は18.4%でウメとはほぼ同じであるが、県によって変動傾向は大きく異なり、近くの県でも収量が逆の傾向を示す場合もある。カキ、クリは変動係数、変動傾向とも県により異なる傾向を示した。

4. 主産県間の作柄指数の相関係数

先に主産県の変動傾向の似ていたウンシュウミカン、ビワ、ウメ、さらにウメと同じ変動係数を持ちながら県によって変動の異なるオウトウについて、主産県間の作柄指数の相関を調べた結果を Table 2 に示した。ウンシュウミカンはごく一部の県で、相関係数の低い場合もあるが、全国的にみて正相関が高いことが認められた。最大の産地である愛媛と他の県との相関を見ると、いずれも0.66以上で有意となっている。ビワは、ウンシュウミカン以上に相関係数が高く、最低でも0.639となっている。また、ウメでの相関は長野と群馬との相関を除き比較的高く、特に西日本各県間で相関係数が高く、ほぼ同一傾向で収量が変動していることが認められた。一方、オウトウはどの県の組合せでも、相関係数は低く、負の場合もみられた。

5. 収量変動の周期

収量変動の周期についてスペクトル解析を行い、作柄指数の変動周期を特定した。周波数と、その周波数の持つ相対的なパワーとの関係を Fig. 6 に示した。周波数は、その逆数を取ると周期になり、ウンシュウミカンは、周波数0.28と0.5 cycle/year にピークがあり、それぞれ3.6年と2年の周期に相当する。ビワは0.33 (3年)、リンゴは0.25 (4年)と0.5 (2年)のピークを持っている。

Table 2. Correlation coefficients of yield indices among representative prefectures for satsuma mandarin, loquat, Japanese apricot and cherry.

Satsuma mandarin							
	Shizuoka	Wakayama	Ehime	Saga	Nagasaki	Kumamoto	Oita
Shizuoka	1	0.812	0.716	0.625	0.507	0.679	0.747
Wakayama	0.812	1	0.838	0.548	0.533	0.676	0.797
Ehime	0.716	0.838	1	0.816	0.660	0.843	0.922
Saga	0.625	0.548	0.816	1	0.757	0.834	0.823
Nagasaki	0.507	0.533	0.660	0.757	1	0.800	0.731
Kumamoto	0.679	0.676	0.843	0.834	0.800	1	0.923
Oita	0.747	0.797	0.922	0.823	0.731	0.923	1

Loquats								
	Chiba	Hyogo	Kagawa	Ehime	Fukuoka	Nagasaki	Kumamoto	Kagoshima
Chiba	1	0.699	0.639	0.746	0.656	0.754	0.693	0.719
Hyogo	0.699	1	0.910	0.911	0.820	0.779	0.779	0.763
Kagawa	0.639	0.910	1	0.941	0.837	0.753	0.804	0.747
Ehime	0.746	0.911	0.941	1	0.834	0.820	0.815	0.796
Fukuoka	0.656	0.820	0.837	0.834	1	0.844	0.754	0.806
Nagasaki	0.754	0.779	0.753	0.820	0.844	1	0.888	0.779
Kumamoto	0.693	0.779	0.804	0.815	0.754	0.888	1	0.720
Kagoshima	0.719	0.763	0.747	0.796	0.806	0.779	0.720	1

Japanese apricots						
	Gunma	Yamanashi	Nagano	Wakayama	Tokushima	Fukuoka
Gunma	1	0.660	0.336	0.712	0.797	0.701
Yamanashi	0.660	1	0.672	0.705	0.699	0.762
Nagano	0.336	0.672	1	0.556	0.651	0.656
Wakayama	0.712	0.705	0.556	1	0.864	0.873
Tokushima	0.797	0.699	0.651	0.864	1	0.884
Fukuoka	0.701	0.762	0.656	0.656	0.884	1

Cherries						
	Hokkaido	Aomori	Akita	Yamagata	Yamanashi	Nagano
Hokkaido	1	-0.055	0.062	-0.018	0.068	-0.173
Aomori	-0.055	1	-0.103	0.389	-0.186	0.055
Akita	0.062	-0.103	1	0.403	-0.208	-0.379
Yamagata	-0.018	0.389	0.403	1	-0.364	0.012
Yamanashi	0.068	-0.186	-0.208	-0.364	1	0.077
Nagano	-0.173	0.055	-0.379	0.012	0.077	1

Significant levels are 0.423(5%) and 0.537(1%).

る。これら3種の果樹は、調査期間の変動が大きくピークも大きい。ナン、ブドウ、モモの場合、各周波数のパワーは弱くはっきりとしたピークではないが、ナン0.225(4.5年)、ブドウ0.25(4年)、モモ0.12(8.3年)、0.225(4.4年)、0.3(3.3年)にピークが認められた。また、ウメは0.27(3.6年)、カキは0.24(4.2年)に鋭いピークを示した。

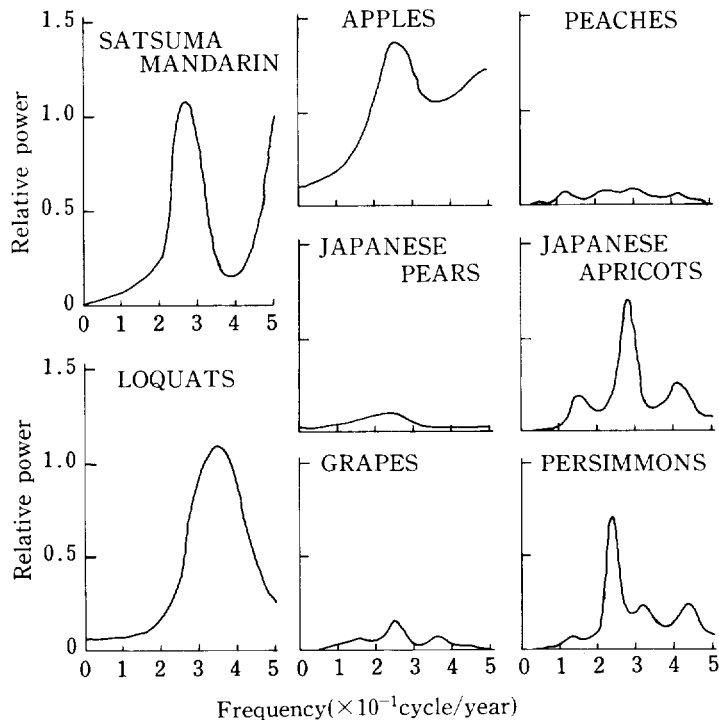


Fig. 6. Power spectra of satsuma mandarin, loquat, apple, Japanese pear, grape, peach, Japanese apricot and persimmon production 1907-1983.

IV 考 察

平年収量の変化は樹種により異なり、単調な増加傾向を示すものは少なく、減少傾向のものもみられた。この理由として、収量よりは品質を重視した品種の選択や栽培法が導入されてきていることが考えられる。中川(1982)は青森県のリンゴと静岡のウンシュウミカン収量の変遷を解析し、豊産系統の導入や栽培技術の向上により長期的にみると収量が増加してきていることを認めている。

収量の変動は、予想される平年収量に対してある要因が働いて平年作を増減させていると考えられ、変動の大きさと変動の要因が問題となる。変動の大きさは全国ベースだけでなく、主産県の変動の傾向にも注目する必要がある、主産県の変動が類似していれば全国ベースの変動もそれに似た傾向を示すことになる。逆に、主産県相互の傾向が異なれば、県単位の変動が大きくても変動を打ち消し合って全国ベースの変動は小さくなると考えられる。変動の要因としては気象要因と樹体生理的要因が考えられ、特に気象災害は全国的に大きな被害をもたらす変動傾向を似たものにすると考えられる。

全国の収量変動からみると、変動の小さいのはリンゴ、ブドウ、ナシ、モモであり、4.1~6.1%の変動係数であった。これらの果樹は主産県の変動が小さく、産地が分散され、品種の分化が進ん

であり、さらに県の変動も異なることが多く、変動を相互に打ち消し合っていると考えられる。ブドウ、ナン、モモの作柄指数は近い県の間でも相関係数は低い、その理由は気象要因の影響というよりは、むしろ品種や栽培法の違い等、他の要因を含めた各種の影響が総合的に働いていることを示唆している。Jacksonら(1980)はイギリスのリンゴ収量の変動に対して、気象要因特に気温を変数としてその生理的影響を考慮した重回帰式を導いている。それによると、収量は2、3、4月の高温と負の相関関係が有り、この間の高温は開花を促進するが、霜害や低温による受精阻害を引き起こす場合がある。また、満開直後の高温は、花粉管の伸張を促進し、収量をあげる効果がある。また、6月の低温は、実止まりや果実の肥大に影響するという。これらのことは、リンゴの作柄が気温の変動に影響されやすく、気温経過の似た近い県で相関係数が高いことに関係していると考えられる。変動の周期は、2年と4年が認められたが、リンゴは隔年結果が問題にされる果樹であり(Jonkers, 1978)、2年の周期は隔年結果を表していると考えられる。しかし、Monseliseら(1982)はTukey(1980)からの私信として、リンゴの収量は環境条件と過度な多収により3年周期となるという例をあげている。この3年周期の基になった、データや解析法は明らかではない。ここでは全国収量の周期を検討したが、今後、県単位や市町村単位での解析や、収量に影響すると考えられる気象要因の変動周期について明らかにしていくことが重要である。

ビワ、ウメ、オウトウの変動は大きく、特にビワは最も変動の激しい果樹であることが明らかとなった。また、ビワ、ウメの収量の変動傾向はほぼ全国的に同一傾向で推移していることが認められた。オウトウの全国の作柄指数の変動係数はウメとほぼ同じ値であるが、変動傾向の似ている県の組合せは少なかった。このことは比較的狭い範囲の雨や日照条件が関与している可能性があり、さらに検討する必要がある。ビワに関して、気象の面から前年の日照時間や気温、当年の低温、台風の影響が指摘されている(一瀬, 1979; 朝倉, 1986)。即ち、前年の6~8月の日照時間は着房数に影響し、2~3月の低温は幼果の凍害を引き起こし、また、ビワは強風に弱く葉が飛ばされたり、ひどい場合には倒伏することもある。こうしたことから、ビワの収量は気象要因に左右されやすく、気象の影響が広い範囲にわたって影響して変動を似たものにしていてと考えられ、また、スペクトル解析の結果から3年周期が認められた。ビワの収量は気象に左右されやすいと考えられるので、今後、日照時間や低温の周期について検討する必要がある。

ウメについて、中川ら(1966)は開花時期と冬の気温との関係を検討し、開花の早い年にはその後の花器や幼果が霜害を受ける可能性が高くなり、また低温により訪花昆虫の飛来数の減少や活動の不活発により、受粉・受精が妨げられ収量に影響することを示している。ビワやウメの作柄の変化が全国的に似ているのは、冬から春先の低温や日照時間のように、広い範囲に影響を及ぼす気象要因が収量に関与しているものと考えられる。また、変動の周期は3.6年を示したが、この意味については明らかでない。

ウンシュウミカンの変動傾向も全国的に似ていることが認められた。また、明治38年以降を通しての変動の周期は2年と3.6年であるが、戦後は2年周期のみが認められた。2年周期はすべての主産県で認められ、さらに静岡や愛媛では市町村レベルの収量の変動も県全体と同じ傾向で推移している。2年周期は全国的レベルでかなり狭い範囲の地域にも当てはまると考えられる。ウン

シュウミカンの収量に影響する気象要因に、冬季の低温が考えられるが、低温の変動に2年の周期は認められないので、近年の2年周期の要因として樹体の生理的要因が収量に関与していると考えられる。このことに関連して、岡田ら(1981)は静岡のウンシュウミカンの収量変動を解析して、気象の影響は20%であり、80%は前年までの収量の影響であり、気象要因の中では、最寒月の平均最低気温が高いほど、またその月の降水量が多いほど収量が多くなることを認めている。これらのことから、近年のウンシュウミカンの収量変動は、気象の影響は少なく樹体の生理的要因の影響により全国的に2年周期の同一傾向の変動を示していることが考えられる。3.6年の周期については、明らかでないがウメの変動の周期と等しいので、冬季の低温の周期に関係していることも考えられる。また、中川(1982)は10年ごとの作柄指数の変動係数を調べ、近年その値が小さくなってきていることを認めている。こうした変動係数の減少傾向と変動周期の変化とがどう関係しているか、明らかにする必要がある。

同じ柑橘類でも、ナツミカンやネーブルオレンジは県によって変動傾向、変動の周期が異なる場合が多かった。ナツミカンやネーブルオレンジの収量は、冬季の低温により果実や枝葉に凍害を受け収量に影響されると考えられている(長谷, 1981)。

隔年結果性の強いと考えられるカキ、クリの変動係数は県によっては15~20%を示す場合もみられたが、変動傾向の似ている県が少ないので全国の変動係数はそれぞれ9.3%、6.9%と比較的低い値を示した。カキの変動には4.2年の周期が認められた。金子(1977)は愛知県のカキの収量を解析して、当年の5~6月、前年の9~10月の日照時間との関係から回帰式を導いている。カキは全国的にみれば、変動傾向は異なるが近い県では同じ傾向を示す場合が多く、気象要因の影響が考えられるのでさらに検討する必要がある。

Pearceら(1967)が隔年結果性や周期性の指標として使っている I や K は、変動係数と同様の指標と考えられた。 I や K の値は変動の大きさを示すものであり、変動の周期の情報を与えるものではなく、変動の周期を明らかにするには、スペクトル解析が適当と考えられる。その場合の年平均収量としては、高次の回帰式よりも5年の移動平均が短い周期の解析には有効と思われた。

V 摘 要

1. 日本における主要果樹12種類の収量変動の特徴を、作柄指数の変動係数、地域毎の変動の類似性、変動の周期性から検討した。調査した果樹はウンシュウミカン、ナツミカン、ネーブルオレンジ、ビワ、リンゴ、ブドウ、ニホンナシ、モモ、ウメ、オウトウ、カキ及びクリである。
2. 作柄指数の変動係数の最も大きい果樹はビワであり、次いでウメ、オウトウ、ナツミカン、ウンシュウミカンの順であり、ナシ、ブドウ、モモ、リンゴの変動は小さかった(Table 1)。
3. 全国的に同じ様な収量の変動傾向を示す果樹は、ウンシュウミカン、ビワ、ウメであった(Fig. 3, 5, Table 2)。
4. 収量の変動の周期は、ウンシュウミカン2年と3.6年、ビワ3年、リンゴ2年と4年、ウメ3.6年、カキ4.2年となった(Fig. 6)。
5. 収量の変動の大きさを示すには CV, I , K が有効であり、変動の周期性の解析には、スペ

クトル解析が有効であった。

引用文献

- 1) 朝倉利員 (1986). ビワの収量変動と気象要因との関係. 関東の農業気象. **11**, 2-6.
- 2) Gemoets, E.E., Gemoets, L.A., Cannon, T.E. and McIntyre, R.G. (1976). Cycles in U.S. pecan production 1919-1974 identified by power spectral analysis. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **101**, 550-553.
- 3) 長谷嘉臣 (1981). 統計資料によるカンキツの寒害減収尺度の作成. 果樹試安芸津支場年報 (昭和54年), 35-37.
- 4) 日野幹雄 (1977). スペクトル解析. pp. 300. 朝倉書店.
- 5) 一瀬 至 (1979). ビワ栽培の問題点と今後の方向. 果樹栽培の総合技術 (上), 324-327. 化学工業日報社.
- 6) Jackson, J.E. and Hamer P.J.C. (1980). The causes of year-to-year variation in the average yield of Cox's Orange Pippin apple in England. *J. Hort. Sci.* **55**, 149-156.
- 7) Jonkers, H. (1979). Biennial bearing in apple and pear: A literature survey. *Sci. Hort.* **11**, 303-317.
- 8) 金子 衛 (1977). カキの生産量と日照時間との関係. 愛知農総試研報 **B9**, 131-136.
- 9) Monselise, S.P. and Goldschmidt, E.E. (1982). Alternate bearing in fruit trees. *Hort. Rev.* **4**, 128-173.
- 10) 中川行夫 (1982). 主要園芸作物の収量の傾向とその変動 (果樹類). 世界の食糧と異常気象 (久保祐雄, 谷 信輝編著), 98-104. 農林統計協会.
- 11) 中川行夫・金戸橋夫・角田篤義 (1966). 果樹の気象的適地に関する研究(4), ウメの開花と冬の気温. 農業気象. **21**, 131-136.
- 12) 農林水産省統計情報部 (1987). 果樹生産出荷累年統計. pp. 413. 農林統計協会.
- 13) 岡田正道・小中原実 (1981). カンキツの収量変動要因に関する研究, 第1報 温州ミカンにおける収量の年次変動に及ぼす気象要因の影響. 静岡柑橘試研報. **17**, 13-19.
- 14) 大垣智昭 (1973). 隔年結果防止. 園芸学会編 (園芸学会編), 122-125. 養賢堂.
- 15) Pearce, S.C. and Dobersek-Urbanc, S. (1967). The measurement of irregularity in growth and cropping. *J. Hort. Sci.* **42**, 295-305.
- 16) Uchijima, Z. (1981). Yield variability of crops in Japan. *Geojournal.* **5**, 151-163.

Yield Variability of Fruit Crops in Japan

Toshikazu ASAKURA, Fukuya KAMOTA and Hitoshi HONJO

Summary

1. Yield variability of 12 fruit crops in Japan was investigated, using the Statistics of Production and Shipment of Fruits and Nuts (Statistics and Information Department, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries). As to characterize yield variability, yield index was analyzed from variation of CV (coefficient of variance), similarity of fluctuations among prefectures, and periodicity in spectral analysis. The yield index was defined

as the value for showing the extent of deviations of actual yield from the trend curve as seen in Fig. 1 and 2. Fruit crops included satsuma mandarin, Natsudaidai (*Citrus natsudaidai* Hayata), navel orange, loquat, apple, grape, Japanese pear, peach, Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.), cherry, persimmon and chestnut.

2. Loquat had the largest value of CV of the yield index, followed by Japanese apricot, cherry, Natsudaidai and satsuma mandarin (Table 1).

3. Satsuma mandarin, loquat and Japanese apricot showed small differences in the year-to-year variations of yield among the prefectures (Fig. 3, 5 and Table 2).

4. Identified cycles by spectral analysis with MEM (Maximum Entropy Method) were 2 and 3.6 years for satsuma mandarin, 3 year for loquat, 2 and 4 years for apple, 3.6 year for Japanese apricot and 4.2 year for persimmon (Fig. 6).

5. In the analysis of alternate bearing, spectral analysis was more useful than the I and K values. I and K indices were similar to CV, and the values indicated the magnitude of fluctuations.