

中国の食糧生産の課題に関する研究

大西暁生（総合地球環境学研究所）井村秀文（名古屋大学環境学研究科）

福嶋義宏（総合地球環境学研究所）

1. はじめに

中国における重要な政策課題の一つとして食糧問題があげられる。近年、爆発的に増加した人口と食の多様化により、これら需要を賄えるだけの食糧の生産が困難となってきている。中国の食糧生産は、近代農業の発達による化学肥料の投入や機械化の進展などによって、単位面積当たりの食糧生産量、すなわち食糧の土地生産性（単収）が飛躍的に増大することによって支えられてきた。しかしながら、近年の化学肥料や機械化などの生産資材の投入効果の鈍化や、自然災害、水不足問題、農地の塩類化問題などから単収の伸び悩みが続いている。そのため、このような実情を詳細に考察することによって、各地域に内在する課題を抽出し、今後の持続可能な食糧生産につなげていく必要がある。

本研究では、食糧生産の地域的な特徴に合わせて、中国全土を3地域（主要穀物生産：トウモロコシ生産地域、米生産地域、小麦生産地域）に区分し、これら地域ごとに単収を決定する要因を同定した。さらに、ここで得られた計測結果を用い、単収成長における諸要因の変化の寄与を推定した。こうした単収変化の要因の特徴を示すことによって、今後の食糧増産のための方策を検討した。

2. 中国の地域別単収要因の変化

2.1 地域区分

本研究では、Imura et al.¹⁾や清水ら²⁾の穀物生産量の空間分布推定の方法を参考に、中国全土の各省のデータを用いて全食糧生産量に占める穀物別の生産量割合を推計し、この割合を基にクラスター分類を行う。使用したデータの期間は、1979年から2004年までである。ここで、食糧別生産量とは、トウモロコシ、米、小麦、豆類、キビ、ソルガム、薯類の7種類を意味する。ここでは、主要食糧である米、小麦、トウモロコシの3種類をクラスターとして設定し、これら主要食糧を基に地域特性を区分する。図-1に地域区分を、表-1に各地域区分に含まれる省（自治区）市を示す。

表-1 地域区分に含まれる省(自治区)市

地域区分	所属の(自治区)市
トウモロコシ地域	北京, 天津, 河北, 山西, 内蒙古, 遼寧, 吉林, 黒龍江
米地域	上海, 江蘇, 浙江, 安徽, 福建, 江西, 湖北, 湖南, 広東, 広西, 海南, 四川, 貴州, 雲南
小麦地域	山東, 河南, 西藏, 陝西, 甘肅, 青海, 寧夏, 新疆

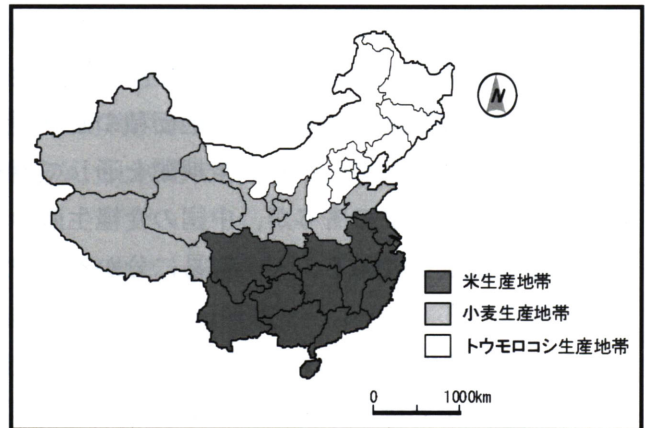


図-1 農業特性による地域区分

2.2 地域別食料生産の変化

2.2.1 食糧生産量

図-2には、各地域に属する省の値をサンプルとした、1980年から2002年までの地域別の食糧生産量の平均値と最大値・最小値の分散具合を示す

(以後の図でも同様の分散具合を表すものは、平均値、最大値、最小値を示す)。これらの図表から、まず1980年から1984年まで食糧生産量は急激に増加していたが、その後1990年頃まで生産量が低下傾向にあることが分かる。これが顕著なのが、トウモロコシ生産地域と米生産地域である。また1990年以降は、米生産地域を除いて、生産量は概ね増加傾向に転じているが、1998年前後を境に再度低下

傾向に転じる。食糧生産は、全体的に増加傾向にあったが、近年では、その増加が鈍化してきているのが特徴である。

2.2.2 単収（食糧の土地生産性）

本研究では、地域別の単位耕地面積あたりの食糧生産量を単収と定義する。図-3に地域別の単収を示す。この結果、次の特徴が各地域において共通している。まず、改革開放以降、1990年代後半まで、単収は着実に向上している。しかし、1990年代の後半から、単収は低下傾向に転じる。また、近年では、トウモロコシ生産地域や米生産地域において、分散が縮小傾向にあり、地域内の単収の格差は減少している。これは、単収の高かった省の伸びが鈍化したことと、単収の低かった省のボトムアップが進んだことが原因であると考えられる。

2.2.3 地域別食糧生産の変化と寄与度

ここでは、食糧生産量の変化に対する耕地面積、単収の変化の寄与度（貢献度）を分析する。表-2に、得られた結果を示す。この表から、もっぱら単収の増加が生産量増加に寄与したことを表している。しかし、近年では、単収の伸び悩みを反映して、単収増加の寄与が大幅に低下している。一方、トウモロコシ生産地域や小麦生産地域では、耕地面積の寄与が増加していることが分かる。全期間を通してみると、単収の増加の寄与が、中国の食糧生産の成長の主な要因であることが容易に分かる。

3. 地域別単収変化の要因分析

地域別における単収とその要因の同定を行うため、筆者らの黄河流域における地域別の単収変化の要因分析³⁾、Imura et al.の単収に関する経験式の導出¹⁾、張のトウモロコシ生産による生産関数の計測⁴⁾を参考に分析を行う。単収を表すモデル式は、式-(1)、(2)の対数線形モデルを仮定する。回帰分析で用いたデータは、地域ご

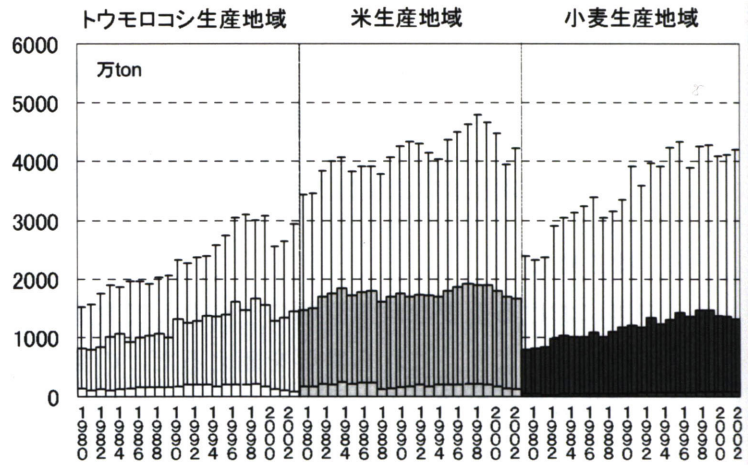


図-2 地域別食糧生産量の変化

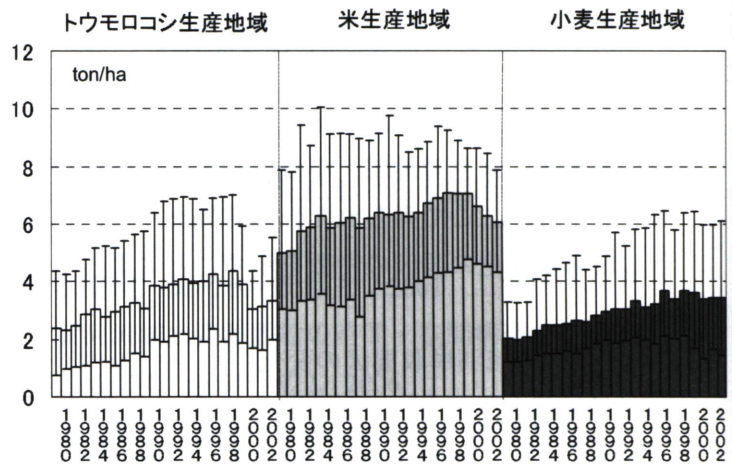


図-3 地域別単収の変化

表-2 地域別食糧生産の変化と寄与度

期間	トウモロコシ生産地域					
	生産量		耕地面積		単収	
	成長率 %	寄与率 %	成長率 %	寄与率 %	成長率 %	寄与率 %
1980-1984	3.84	100.00	-0.22	-5.72	4.07	105.90
1985-1989	2.56	100.00	-0.27	-10.41	2.84	110.82
1990-1994	2.95	100.00	0.21	7.26	2.73	92.54
1995-2002	-0.87	100.00	1.00	-114.94	-1.83	210.06
期間	米生産地域					
	生産量		耕地面積		単収	
	成長率 %	寄与率 %	成長率 %	寄与率 %	成長率 %	寄与率 %
1980-1984	3.39	100.00	-0.38	-11.20	3.79	111.62
1985-1989	0.53	100.00	-0.24	-45.24	0.77	145.93
1990-1994	0.15	100.00	-0.35	-232.60	0.51	335.37
1995-2002	-0.47	100.00	-0.14	28.89	-0.33	71.10
期間	小麦生産地域					
	生産量		耕地面積		単収	
	成長率 %	寄与率 %	成長率 %	寄与率 %	成長率 %	寄与率 %
1980-1984	4.46	100.00	-0.38	-8.58	4.87	109.08
1985-1989	1.52	100.00	-0.30	-19.81	1.82	120.22
1990-1994	1.99	100.00	-0.21	-10.53	2.21	110.65
1995-2002	0.27	100.00	0.13	49.18	0.14	50.48

注) 成長率及び寄与率の計算には、対象年前後3ヶ年移動平均を用いている(例:1980年の場合、1979-1981年の平均値)。

注) 灰色で示した箇所は、生産量の成長率がマイナスのため、このマイナス成長に対する寄与率を示している。

注) 寄与率の計算は、次のようである。(生産量)=(耕地面積)×(単収)である。そのため、両辺対数をとって時間微分することによって、Q(生産量)=Q(耕地面積)×Q(単収)となる。(Q(・)は変化率を表す。) (文献4を参照)

との省（自治区）市の値であり，式中の i は各地域， t は年次を表す．また，時系列的に単収を決定する要因自体が変化したり，その要因の影響の強弱が変わったりすることが考えられるため，本研究では，1980年から5年間を一つの分析期間としてこの期間ごとに分析を行う．しかし，1995年から2002までの8年間については，これを1つの期間として設定する．本研究では，この期間内における各地域に属する省（自治区）市のクロスセクションデータを使用する．ここで，1980-1994年までの期間においては，公表データが限られているため，式-(1)，(2)に示すように，1980-1994年までの期間とそれ以降の期間において，2通りのモデルを仮定する．本研究で用いた非説明変数及び説明変数を表-3に示す．全変数を投入して回帰を行った場合，変数間において多重共線性（Multicollinearity）が発生することが多い．そのため，多重共線性が発生した場合は変数を選択した．

表-3 分析に使用した変数

記号	変数
V	穀物生産性
I	有効灌漑面積率
F	化学肥料(耕地面積あたり化学肥料使用量)
M	機械化(耕地面積あたり農業機械総動力)
L	労働力(耕地面積あたり農村人口)
P	作付回数(耕地面積あたりの作付け面積)
N	自然災害面積率 ^{注1)} (耕地面積あたりの自然災害面積)
IW	灌漑定数 (灌漑面積当たりの用水量)
W	水資源率 (各省(自治区)市の行政区域あたりの水資源量)
A	塩性・アルカリ性土壌改良面積率 (耕地面積あたりの塩性・アルカリ性土壌改良面積)
D	時間変数
α_0	定数項
μ	誤差項

$$\ln V_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln I_{it} + \alpha_2 \ln F_{it} + \alpha_3 \ln M_{it} + \alpha_4 \ln L_{it} + \alpha_5 \ln P_{it} + \alpha_6 \ln N_{it} + \alpha_7 D_{it} + \mu_{it} \quad (1)$$

$$\ln V_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln I_{it} + \alpha_2 \ln F_{it} + \alpha_3 \ln M_{it} + \alpha_4 \ln L_{it} + \alpha_5 \ln P_{it} + \alpha_6 \ln N_{it} + \alpha_8 \ln IW_{it} + \alpha_9 \ln W_{it} + \alpha_{10} \ln A_{it} + \alpha_7 D_{it} + \mu_{it} \quad (2)$$

3.1 地域別単収の要因同定

表-4に，全変数を用いた分析結果と変数選択の結果を示す．得られた計測結果の解釈は次のとおりである．

① トウモロコシ生産地域：まず，決定係数が，全期間において良好である．また，変数選択における t 値及び P 値も有意である．トウモロコシ生産地域における単収要因の同定の結果，化学肥料の係数が全期間に渡り，高い値を示している．また，機械化については，1980-1989年の間で，単収に正の影響を与えていることが分かる．一方，自然災害被災率が，全期間に渡り，単収に負の影響を与えていることが分かる（1995-2000年の期間では，自然的な制約が水資源率と自然災害面積率に分解されていると考えられる）．これは，トウモロコシ生産地域が，比較的に水の不足している地域に位置しており，この影響が反映されたと考えられる．

② 米生産地域：決定係数が，全期間において良好である．また，変数選択における t 値及び P 値も有意である．米生産地域における単収要因の同定の結果，有効灌漑面積率と化学肥料，作付回数の影響が顕著に伺える．この中でも，作付回数や有効灌漑面積率の単収への寄与が高くなっている．一方，1990年以降においては，自然災害面積率の影響も伺える．1985-1989年の労働力については，負の影響が見られるが，この符号の妥当性については今後検討を要する．

③ 小麦生産地域：決定係数が，全期間において良好である．また，変数選択における t 値及び P 値も有意である．小麦生産地域における単収要因の同定の結果，有効灌漑面積率と作付回数は，一貫した正の影響が伺える．一方，化学肥料，機械化，労働力に関しては，期間において寄与の出現が一貫していないことが分かる．1990-1994年を除いては，自然災害面積率の負の影響が伺え，トウモロコシ生産地域同様に，中国北部の水の乏しい地域である影響が出ていると考えられる．

上記の各地域の計測結果で、労働力の影響が負または微小であるが、これは中国の農業において労働力が過剰であると言われ⁴⁾、労働力の大小が単収に大きな影響を与えないことを反映していると考えられる。ただし、この結果の詳細については更なる検討が必要である。

3.2 地域別単収変化の要因分析

各年次間における地域別の単収変化の要因を以下の方法で検討した。まず、各年次間における要因別の変化の差を求め、次に、前節で得られた単収の推計式を偏微分して、要因別の変化の差による単収の変化量を推計した。その際、変化の差は、各年次における平均値を用いている。また、用いた推計式は統計的な効率性を考慮して変数選択による計測結果とした。地域別の単収の変化を図-4に示すとともに、その概要を以下にまとめる。

① トウモロコシ生産地域：トウモロコシ生産地域における単収変化の要因の結果を図-5に示す。単収の向上に大きく貢献したのが、化学肥料の増加であり、1980年代のその増加がおよそ40%の単収成長に寄与した。しかし、その後、その寄与が低下していった。また、自然災害面積率の変化における単収成長への寄与が非常に高く、特に、近年の水資源率の変化と合わせると、その変化の寄与が高くなっている。また、残差の単収に対する寄与が高く、この残差には農業政策や農業組織の改革の影響が含まれていると考えられる。特に、1980年代から1990年代初頭の残差の正の寄与は、生産責任制導入などの農業組織の改革などの影響が考えられる。一方、1993年からの残差の負の影響は、食糧市場の自由化や価格政策の影響が伺える⁵⁾。ただし、このような残差の検証には、地域的な政策実施の効果や、その実施時期に違いがあることから、個々地域における詳細な実施状況を考慮し議論する必要がある。

② 米生産地域：米生産地域における単収変化の要因の結果を図-6に示す。単収の変化に寄与した主な要因として、化学肥料と有効灌漑面積率、作付回数が挙げられる。特に、作付回数による単収変化への影響が高く、近年の作付回数の低下が、単収低下に寄与している。また、化学肥料の増加が、単収の向上に一貫して寄与している。ただし、年を経ることにその寄与が低下している。その一方で、有効灌漑面積率の単収向上に占める寄与が若干ではあるが高くなっている。また、トウモロコシ生産地域の場合と同様に、残差の占める割合も大きい。

③ 小麦生産地域：小麦生産地域における単収変化の要因の結果を図-7に示す。1980年代における単収の変化に対する寄与は、機械化が非常に高い。しかし、1990年代に入ると化学肥料の増加に合わせて化学肥料の寄与が高くなる。また近年では、作付回数の影響が伺える。一方、1990年代半ば以降では、自然災害による負の影響が顕著となり、断流現象の深刻化に合わせて、単収成長に対して制約となっていることが分かる。これが顕著なのが、1996-1997年の単収の大幅な低下である。トウモロコシ生産地域と同様に、乾燥・半乾燥地における水の制約が単収成長の大きな足枷となっていることが証明され、これを防ぐための対策が必要であると考えられる。

4. 結論

本研究では、中国食糧生産の課題を地域ごとに検討するため、中国全土をトウモロコシ生産地域・米生産地域・小麦生産地域の3地域に分類した。また、これら地域ごとに、単収を決定する要因を同定した。さらに、単収成長の要因分析を行うことによって、その寄与を成長要因と制約要因の両側面から検討した。

表-4 地域別の単収要因の同定結果

	トウモロコシ地域						米地域						小麦地域						
	全変数			変数選択			全変数			変数選択			全変数			変数選択			
	偏回帰係数	t 値	P 値	偏回帰係数	t 値	P 値	偏回帰係数	t 値	P 値	偏回帰係数	t 値	P 値	偏回帰係数	t 値	P 値	偏回帰係数	t 値	P 値	
1980-1984	有効灌漑面積率	0.02	0.17	0.865	—	—	—	0.38	3.57	0.001	0.16	3.38	0.001	0.16	8.50	0.000	0.16	7.21	0.000
	化学肥料	0.54	4.93	0.000	0.48	13.08	0.000	0.24	2.95	0.005	0.19	4.56	0.000	0.06	2.19	0.038	—	—	—
	機械化	0.16	1.47	0.151	0.09	2.19	0.035	-0.15	2.23	0.030	—	—	—	0.66	8.81	0.000	0.68	12.79	0.000
	労働力	-0.19	0.62	0.537	—	—	—	0.13	0.94	0.352	—	—	—	-0.26	3.56	0.001	—	—	—
	作付回数	-0.13	0.24	0.813	—	—	—	0.87	3.17	0.003	1.29	12.52	0.000	1.21	9.77	0.000	0.80	9.79	0.000
	自然災害被災率	-0.10	2.02	0.052	-0.12	2.87	0.007	-0.02	1.31	0.197	—	—	—	-0.07	5.40	0.000	-0.03	3.25	0.003
	時間変数	0.00	0.04	0.970	—	—	—	0.04	5.23	0.000	0.05	6.52	0.000	0.00	0.12	0.907	—	—	—
	定数項	2.22	2.45	0.020	1.77	11.53	0.000	1.48	4.13	0.000	1.41	17.87	0.000	1.24	8.23	0.000	0.67	18.55	0.000
	重相関係数	0.96			0.96			0.97			0.93			0.99			0.99		
	修正済重相関係数	0.96			0.96			0.97			0.93			0.99			0.99		
1985-1989	有効灌漑面積率	0.15	1.59	0.121	—	—	—	0.43	4.83	0.000	0.42	5.98	0.000	0.26	11.01	0.000	0.27	11.70	0.000
	化学肥料	0.92	8.27	0.000	0.57	8.51	0.000	0.24	2.87	0.006	0.14	2.51	0.015	0.22	6.25	0.000	0.23	6.33	0.000
	機械化	0.54	4.16	0.0002	0.11	2.12	0.0407	-0.09	1.25	0.2189	—	—	—	0.14	1.82	0.0809	0.11	1.52	0.1412
	労働力	-1.14	4.77	0.000	—	—	—	-0.25	3.01	0.004	-0.22	2.74	0.008	0.36	4.82	0.000	0.37	4.93	0.000
	作付回数	-0.03	0.07	0.947	—	—	—	1.32	5.63	0.000	1.25	5.73	0.000	0.24	2.03	0.053	0.26	2.17	0.039
	自然災害被災率	-0.07	1.97	0.0581	-0.13	2.58	0.0143	-0.02	1.39	0.1714	—	—	—	-0.02	1.79	0.0853	-0.02	1.78	0.0876
	時間変数	-0.06	3.52	0.001	—	—	—	-0.01	0.90	0.372	—	—	—	-0.01	1.07	0.294	—	—	—
	定数項	4.52	7.55	0.0000	1.91	10.98	0.0000	2.50	9.55	0.0000	2.24	11.56	0.0000	0.87	6.99	0.0000	0.87	6.97	0.0000
	重相関係数	0.97			0.92			0.97			0.97			0.99			0.99		
	修正済重相関係数	0.96			0.91			0.97			0.97			0.99			0.99		
1990-1994	有効灌漑面積率	0.22	1.71	0.096	—	—	—	0.49	7.90	0.000	0.45	9.73	0.000	0.25	7.19	0.000	0.26	8.37	0.000
	化学肥料	1.07	6.87	0.000	0.65	10.31	0.000	0.16	2.50	0.015	0.15	3.22	0.002	0.18	2.73	0.011	0.11	2.89	0.007
	機械化	0.42	2.74	0.0101	—	—	—	-0.06	1.33	0.189	—	—	—	0.24	3.22	0.003	0.29	4.65	0.000
	労働力	-1.08	4.45	0.000	—	—	—	0.04	0.39	0.695	—	—	—	0.16	1.86	0.075	0.23	3.73	0.001
	作付回数	-0.54	0.77	0.449	—	—	—	1.01	5.38	0.000	1.03	9.74	0.000	0.52	4.09	0.000	0.46	4.41	0.000
	自然災害被災率	-0.09	1.51	0.1398	-0.17	3.26	0.0024	-0.04	3.11	0.003	-0.04	3.01	0.004	-0.03	1.27	0.214	—	—	—
	時間変数	-0.06	1.98	0.056	—	—	—	0.01	0.89	0.377	—	—	—	0.00	0.07	0.947	—	—	—
	定数項	4.58	6.89	0.00	2.07	14.15	0.0000	1.70	7.73	0.000	1.70	27.23	0.000	1.04	4.91	0.000	0.82	7.52	0.000
	重相関係数	0.93			0.87			0.96			0.96			0.99			0.99		
	修正済重相関係数	0.91			0.87			0.95			0.95			0.99			0.99		
1995-2002	有効灌漑面積率	0.17	2.31	0.025	—	—	—	0.97	8.69	0.000	0.43	10.36	0.000	0.33	6.24	0.000	0.33	10.50	0.000
	化学肥料	0.82	6.43	0.000	0.31	6.54	0.000	0.28	4.60	0.000	0.16	3.71	0.000	0.30	3.64	0.001	0.26	6.15	0.000
	機械化	-0.15	1.62	0.111	—	—	—	0.14	2.09	0.044	—	—	—	0.07	1.13	0.267	—	—	—
	労働力	-0.37	2.46	0.017	—	—	—	-0.67	5.88	0.000	—	—	—	-0.27	2.07	0.045	—	—	—
	作付回数	0.61	4.06	0.000	0.76	5.57	0.000	0.45	5.37	0.000	0.74	10.49	0.000	0.94	7.50	0.000	0.78	14.21	0.000
	自然災害被災率	-0.12	4.12	0.000	-0.09	2.41	0.019	0.00	0.04	0.967	-0.04	2.59	0.012	-0.10	6.18	0.000	-0.07	5.53	0.000
	灌漑定数	0.07	1.07	0.287	—	—	—	0.31	7.24	0.000	—	—	—	-0.06	0.72	0.477	—	—	—
	水資源率	0.08	2.34	0.023	0.19	6.26	0.000	0.06	2.18	0.036	—	—	—	-0.02	0.63	0.530	—	—	—
	塩性・アルカリ性土壌改良面積率	0.02	1.37	0.178	—	—	—	-0.06	5.73	0.000	—	—	—	-0.01	0.90	0.374	—	—	—
	時間変数	-0.02	1.46	0.149	—	—	—	-0.03	4.03	0.000	-0.01	1.64	0.105	0.00	0.29	0.773	0.01	1.82	0.074
定数項	2.29	2.85	0.006	0.39	1.94	0.057	0.25	0.79	0.433	1.90	35.13	0.000	2.79	3.01	0.005	1.74	49.21	0.000	
重相関係数	0.97			0.93			0.96			0.89			0.99			0.99			
修正済重相関係数	0.96			0.93			0.96			0.88			0.99			0.99			

参考文献

- 1) H. IMURA, T. TOYODA and J. CHEN (1999) An Empirical Analysis and Forecasting of Grain Production in China, *Journal of Global Environment Engineering*, **5**, 37-56.
- 2) 清水庸 (2000) 穀物 (米, 小麦, とうもろこし) の生産量の空間分布推定 (1990 年), LU/GEC プロジェクト報告書 VI—中国における土地利用変化のメカニズムとその影響に関する研究—, 1-5.
- 3) 大西暁生, 井村秀文, 韓驥, 方偉華 (2005) 黄河流域の地域別食糧生産性の変化に関する研究, *環境システム研究論文集*, **33**, 79-88.
- 4) 張越傑 (2000) 中国トウモロコシ生産の成長と技術進歩に関する実証分析, *農業林業問題*, **137**, 170-175.
- 5) 田島俊雄 (1996) 中国農業の構造と変動. 御茶の水書房.

注 1) 通常の農産物の産出量が自然災害によって, 30%以上減産した耕地面積を自然災害面積と定義している. この自然災害とは, 水害, 干害, 霜害, 凍害, 風害, 霰害による影響を含んでいる. 水害と干害を併せて, 全災害面積の 70%以上を占めており, 特に干害は, 全災害面積の 50%に及ぶ.

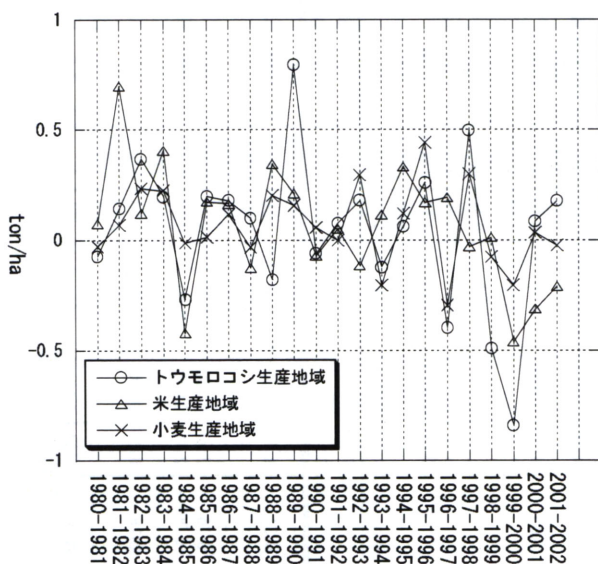


図-4 地域別単収変化の平均値

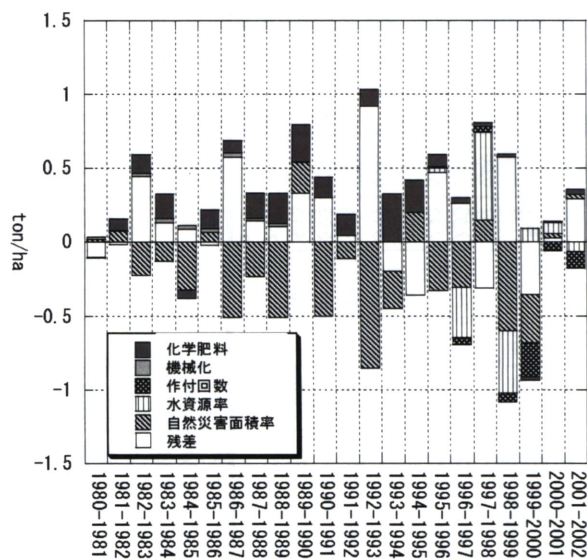


図-5 トウモロコシ生産地域における単収要因の寄与の変化

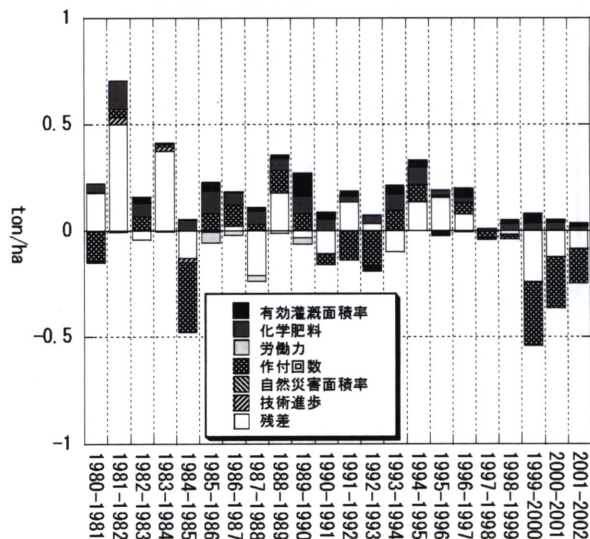


図-6 米生産地域における単収要因の寄与の変化

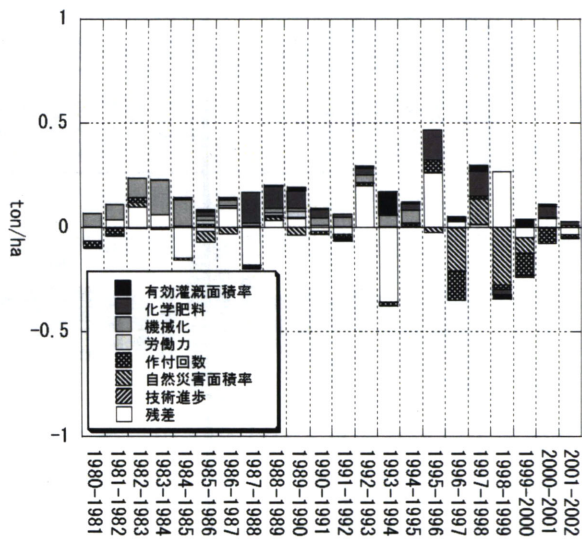


図-7 小麦生産地域における単収要因の寄与の変化