

高冷地に於ける米麦作の限界生産性の計測

高 坂 祐 輔

Measurements of Marginal Productivities of Rice and Wheat Farming in Mountainous Districts

Yusuke KOSAKA

一 序

戦後の食糧不足から、米を中心とする食糧自給度の向上を目指した諸政策が夙に行われている。増産計画は食糧の絶対量の増大を目標とするとは云え、これには労働生産性ひいては農業所得の上昇が伴わなくてはならない。この観点から見たとき、高冷地^(註1)に於て果してこの地域の米麦の生産構造上、経済的に増産の可能性があるか否か疑問のある所である。これを解明する指標を得べく、高冷地に於ける米麦作の限界生産性の計測を試みたものである。然し乍ら大麦は計測に耐え得たものが無かつたし、又小麦は耐え得たものが少数であつたため、主として水稻作について論ずる結果になつた。

生産函数を使用する計量経済学的研究に於ては、通常ダグラス型生産函数が使用され、農業生産の模型には

$$P = b G^a L^\beta C^\gamma \dots\dots\dots (1)$$

が多く用いられる。こゝに P は粗生産量を、 G は土地面積を、 L は労働投下量を表す。又 b, a, β, γ は夫々常数であり、特に a, β, γ は夫々土地、労働、資本の偏生産弾力性を表すパラメーターである。^(註2)

計測結果の比較にも便があるので、小稿に於ても(1)式を模型として使用した。

(註1) こゝで「高冷地」とは、これと対称的な「低暖地」という概念と共に相対的意味に於て使用してある。松沢盛茂「高冷地の性格について」(『農業と経済』第十七巻第四号)を参照されたい。

(註2) 神谷教授の『農業労働の生産性について』(『農業経済研究』第十七巻第三号)及び岩田氏の『わが国米麦作に対するダグラス函数の適用について』(『農業総合研究』第七巻第二号)の二論文に於ける模型以外は、記号のとり方や変数の具体的表現等に相異はあれ、その他の先学は(1)式を使つておられる。

(註3) (1)式の両辺の対数をと、偏微分すると $\partial \log P / \partial \log G = a, \partial \log P / \partial \log L = \beta, \partial \log P / \partial \log C = \gamma$ となり、これらは弾性を表す。

二 資料の吟味及び作製

計測を行うための資料としては、農林省長野統計調査事務所で標本調査を行つた「昭和二十九年度長野県産米麦生産費調査」の個表を利用したのであるが、長野県は地形が複雑であるから、気象、土地条件等に地域間の相違が見られるため、県内のデータを一括して計測することには無理がある。そこでデータを適当に分類しなければならず、その結果サンプルの数は極めて限定されるが止むを得ない。

米や小麦の収量に影響を及ぼす自然条件中の主なるものは気象であろう。今長野県に於ける米と小麦の収量と比較的相関々係の高い気象要素を拾うと第一表の如くである。即ち長野県に於ては特に八月の気温と日照時数が大きい程、又六月の降水量の小さい程米の収量が増加することを示している。又小麦の収量は十一月から三月にかけての気温が高い程増加することを表している。

第一表 米・小麦の収量と気象要素との相関係数

		気象要素	相関係数
水	気 温	4 月	+ 0.322
		7 月	+ 0.443
		8 月	+ 0.787
	日照時数	6 月	+ 0.304
		7 月	+ 0.309
		8 月	+ 0.532
稲	9 月	+ 0.338	
	6 月の降水量	- 0.466	
	降水日数	8 月	- 0.336
9 月		- 0.309	
小 麦	11~3 月の気温	+ 0.495	
	8 月の日照時数	+ 0.322	
	11~3 月の降水量	- 0.379	
	6 月の降水量	- 0.343	
	7 月の降水量	+ 0.314	

大後美保「日本作物気象の研究」より
 県寄の積雪地であるから、夫々山間地、積雪地とした。

又小麦で計測に耐え得たサンプルを採つた地域は、上水内郡朝陽村、下伊那郡龍江村であり、前者は

斯くして米と小麦の収量に影響を及ぼす気象要素が明らかになつたので、これら気象条件が略同一な地域よりのサンプルをまとめれば良いことになる。

統計事務所に於て抽出調査を行つた町村は、米では植科郡雨宮県村、更級郡西寺尾村、南安曇郡高家村、上伊那郡宮田町、北佐久郡平根村、下水内郡南小川村、北安曇郡北城村、下水内郡太田村の八ヶ町村である（町村合併前の行政区分）。そこでこれらの地域の自然的条件の主なるもの（気象を中心）を検討した上、栽培学的には多少無理があるかと思われるが、第二表の如き分類を行つてみた。

雨宮県、西寺尾両村は善光寺平に、又高家村は松本平に位するので、これらを盆地として一括した、第二表の気温、降水量、降水日数等からは、雨宮県、西寺尾、南小川とまとめるべきであつたかとも思われるが、地形をも考慮したため、伊那谷の宮田と共に溪谷とした、平根は佐久平に位し、厳密には溪谷に近い地域であるが、一応こゝでは高原としておいた。

北城は長野県西北部に位する山間積雪地であり、太田は新潟

第二表 水稻栽培地域の分類

		気温(10時の気温)			6月の 降水量 mm	降水日数 (0.1mm以上)		代表 標高 m以上	標高 較差 m	1月の 平均気 温 (10時) °C	1月の 降水量 mm	初霜	晩霜	備 考 (観測地)
		4月	7月	8月		8月	9月							
盆 地	雨宮県	12.8	26.4	27.5	101.0	11.0	12.8	300	100	0.0	38.1	x.26	v. 7	屋代
	西寺尾	12.7	26.1	27.2	107.9	11.9	12.8	300	50	-0.2	40.6	x.24	v. 9	条ノ井
	高家	11.8	24.8	25.6	137.2	11.5	12.6	500	50	-0.8	38.1	x.16	v.13	豊科
溪 谷	宮田	13.9	25.8	26.5	207.7	12.6	12.1	600	200	1.5	53.0	x.21	v. 9	赤穂
	南小川	12.5	26.4	27.4	125.4	12.1	13.3	500	300	-0.5	62.0	x.26	v. 5	栄
高 原	平根	11.0	24.1	25.0	121.5	11.3	12.9	700	100	-0.5	24.4	x.27	v.11	岩村田
山 間	北城	9.3	23.7	24.3	182.5	12.5	13.9	700	250	-3.1	169.5	x.17	v.16	北城
積 雪	太田	11.5	25.9	27.3	102.5	10.0	13.4	400	250	-0.1	204.1	x.29	v. 8	飯山

長野候所編『長野県気象便覧』1952、佐々木六太郎他「長野県に於ける標高別耕地調査について」
 (『長野農事試験場報』三十二卷十二号 1949)

第三表 小麦栽培地域の分類

		11~3月の 気温(10時)	11~3月の 降水量	6月の 降水量	7月の 降水量	代 表 標 高	標 高 較 差	初 霜	晩 霜	備 考 (観測地)
		°C	mm	mm	mm	m	m			
盆 地	朝陽	+2.7°	289.1mm	107.5mm	135.2mm	300m以上	50m	x.22	v.8	長 野
溪 南 谷 部	龍江	+5.2	387.0	184.8	188.6	400	250	x.20以後 なるも不明	v.1	川 路

資料は第二表に同じ

善光寺平に、後者は伊那谷の南部に位し、夫々自然条件も異つているので、朝陽を盆地、龍江を南部溪谷としておいた。

基礎データは、Pの系列は単位を石で、Lの系列は労働時間（雇傭、ゆい、自家労働等一切を含み、労働の質の差を成人単位に換算してある）で、Cの系列は固定、流動両資本額に利子を加えたもので表し、夫々の対数をとつたものである。

(註4) 日照時数のデータは得られなかつたので省略した。

三 偏生産弾力性係数の計測

以上の如くして得られた基礎データを基に、パラメーターの推定を行わねばならないが、その方法は(1)式の両辺の対数を取り、log Pの方向に誤差を最少ならしめるような最少自乗法を用いて、偏回帰係数としての α, β, γ の値を求めた。このため正規方程式を作り、ガウスの乗数を求めて算出したものが第四表である。模型の統計資料への当てはまりの良否を示す重相関係数の値が極めて大きく、且これ

第四表 偏生産弾力性係数

	地域		標本数	重相関係数	α		β		γ	
水	盆地		30	0.996	0.258	(0.01)	0.248	(0.001)	0.658	(0.001)
	溪谷		20	0.984	0.991	(0.001)	-0.209	(0.2)	0.311	(0.01)
	高原		10	0.983	0.743	(0.01)	0.077	(0.6)	0.073	(0.7)
稲	山間地		10	0.997	0.878	(0.01)	-0.342	(0.1)	0.456	(0.05)
	積雪地		10	0.991	0.762	(0.02)	0.036	(0.9)	0.169	(0.6)
小麦	盆地		10	0.969	1.023	(0.001)	0.138	(0.6)	-0.079	(0.7)
	南部溪谷		10	0.972	0.760	(0.05)	-0.097	(0.9)	0.421	(0.05)

括弧内の数字は有意差水準を表す

らに推計学の有意差検定を施すと、夫々1%以下のレベルで意義があるので、模型は極めて良く統計資料に適合すると云うことが出来よう。

次にこゝに得られた夫々の弾力性係数（これ以下「偏」を略す）に帰無仮説を零と置いて偏回帰係数の有意差検定を施した結果を括弧内に示してある。こゝに於て有意差水準が5%を越えるものは、弾力性係数の値を零と見做しても差支えないであろう。生産函数に於て弾力性係数が零なる生産要素は、これ

第五表 修正した偏生産弾力性係数

	地域		相関係数	α	β	γ	$\alpha + \beta + \gamma$
水	盆地		0.996	0.258	0.248	0.658	1.164
	溪谷		0.981	0.778	0	0.344	1.122
	高原		0.981	0.854	0	0	0.854
稲	山間地		0.996	0.730	0	0.283	1.013
	積雪地		0.991	0.880	0	0	0.880
小麦	盆地		0.965	1.067	0	0	1.067
	南部溪谷		0.972	0.674	0	0.431	1.105

れを独立変数と考えることは出来ないで削除して、残された生産要素の弾力性係数の値を修正した結果が第五表である。

相関係数を第四表のものと比較してみると、極く微かな差しか認められないので、変数を削除した影響は殆ど無いと云うことが出来よう。

斯くて次のような模型を得ることが出来た。

水稻作に於ては

$$\begin{aligned} \text{盆地} & P=0.0011 G^{0.258} L^{0.248} C^{0.658} \\ \text{溪谷} & P=0.0208 G^{0.778} C^{0.344} \end{aligned}$$

高原	$P=0.4845 G^{0.854}$
山間地	$P=0.0305 G^{0.730} C^{0.283}$
積雪地	$P=0.5063 G^{0.880}$

小麦作に於ては

盆地	$P=0.2181 G^{1.067}$
南部溪谷	$P=0.0155 G^{0.674} C^{0.431}$

(註5) スネデカー 畑村, 津村, 奥野, 田中訳『統計的方法下』 358頁参照

(註6) 『前掲書』 360頁参照

四 計測結果の経済的説明

以上の如く生産弾力性係数を計測出来たので、これらの経済的意味を考えてみよう。

生産弾力性係数は相互に他の生産要素量を一定にしておいて、当該生産要素だけを1%増加させたとき、それによつて平均的に期待し得る生産量の増加比率を示すものである。例えば盆地の水稻作に於ては、作付面積と資本の投下量はそのままにしておいて、労働だけを1%増投させると、米の生産量は0.348%だけ増加することが期待されるという関係を示しており、他も同様である。

又(1)式に於けるPはG, L, Cに関する $(\alpha+\beta+\gamma)$ 次の同次函数と考えられるので、弾力性係数の和は、夫々の生産要素量を一樣に1%ずつ増加させたとき、それによつて平均的に期待し得る生産量の増加比率を示すものである。故に $\alpha+\beta+\gamma \leq 1$ なるに従い、夫々収穫増的、不変的、逡減的關係を示すものであると云えよう。前に挙げた場合に例をとると、作付面積、労働及び資本投下量を夫々一樣に1%ずつ増加させると、米の生産量は1.164%だけ増加すると期待出来、従つて収穫増状態にあることを示している訳である。

そこで先ず高冷諸地域の米麦作について、同一生産要素の弾力性間に地域による差があるか否かを調べてみよう。この差はそのまま生産構造の相違を反映するものと考えられるからである。この場合も推計学の偏回帰係数の差の検定を行わなくてはならない。

稲作についてみると、土地の弾性に於ては盆地と他地域とは5%以下のレベルで差があると云えるが、盆地以外の地域間には差は認められない。

労働の弾性に於ては、盆地と他地域とは差があるが、盆地以外の地域間には勿論差は無い。

資本の弾性に於ては、盆地と溪谷とは1%のレベルで差があると云えるが、盆地と山間地とは後者のサンプルが少数であるため差があると断定は出来ない(10%のレベル)が、若し標本が大きければ差があると云えるのではないかと想像される。山間地と溪谷とは差が認められない。

小麦作に於ては(これは畑麦である)土地の弾性に於て、盆地、南部溪谷両地域間に1%のレベルで差があると云える。又労働の弾性は共に零で差が無いが、資本の弾性に於ては勿論差がある訳である。

稲作に於ては盆地を除いた地域では労働が過集約的に投下されているために、微かばかりの労働の増減は収量に影響しないことを示している。又資本についても同様の関係が高原と積雪地に於て云えるようである。盆地に於ては、資本の弾性が土地、労働のそれより一段と大きく、且労働も資本もその弾性が他地域のそれより大きくなっていることは、同じ高冷地に属し乍ら生産構造が全く異つていることを暗示するものであるが、その具体的把握は今後の研究に俟たなくてはならないので省略しよう。

今地域別に反当労働時間と反当資本投下額を、計測に使用したサンプルから算出してみると第六表の如くである。これによると稲作に於ては、盆地は自然的社会的条件から見て、労働と資本のCapacityが他の地域のそれより大であると考えられるにも拘らず、現在投下されている絶対量が小さいので、弾力性が大きくなっているのではなからうか。又山間地は労働投下量が最少であるのに、働の弾性は零

第六表 労働と資本の反当投下量

	地域	労働時間	資本投下量
水	盆地	204.1	6,785円
	溪谷	241.4	7,475
	高原	258.5	9,354
	山間地	195.5	7,874
稲	積雪地	211.0	8,293
	盆地	213.1	4,924
小麦	南部溪谷	184.6	4,287

になつているので、Capacity そのものが小さいのであろう。

弾性の関係は相対的なものであるから、一概に判断は出来ないが、今述べたような労働及び資本の事情を反映して、土地の弾性は、盆地はかなり小さく、その他の地域は非常に大きくなつているのであろう。特に高原と積雪地に於ては、労働と資本の両弾力性が共に零になつている関係で、対数一次の模型を前提する限り、米の生産量は作付面積のみの函数となり、土地が制限的生産要素となつていることを示している。従つて労働又は資本による土地の代替は不可能であり、現在の技術水準を以つてしては、米の増産には耕地を拡大する以外に方法が無いことを示唆するもの

であらう。

小麦作に於ては、資本の投下量が盆地、南部溪谷共に略等しいにも拘らず、その弾性に大きな開きが見られるのは、後者の方が自然的生産条件に恵まれているので、資本の Capacity が大きいためであらう。

弾力性係数の和から、稲作に於ては、盆地と溪谷では稍收穫遞増状態にあり、発展的不安定的生産構造を示している訳で、稲作の経営規模を拡張した方が効率が大きくなるのではなからうか。高原及び積雪地に於ては、收穫遞減状態にあり、小規模の稲作の方が効率が大きであると考へられよう。山間地では係数の和が略1に等しいので、收穫不変的安定状態にあり、稲作の経営規模の大小による効率の優劣は無いものと思われる。

小麦作に於ては、盆地では略收穫不変的安定状態にあり、南部溪谷に於ては稍收穫遞増状態にあると云えるのではないか。

次にこれら高冷地に於ける計測結果と低暖地に於けるそれとの比較を行つてみよう。戦後ダグラス型生産函数を使用して米麦の限界生産性を論じた報告の中、手許にあるものは岩田、桐生、土屋の三氏のものである。この中、岩田氏の設定された模型は、小稿に於けるものとは異つているので、直接比較することは出来ないが、他の二氏のもの、小稿に於ける模型と同じであり、猶幸なことには高冷地とは対称的な静岡県米麦作についての計測であるから、これらと比較することにしよう。

第七表は静岡県に於ける水稻、小麦作の生産弾力性係数である。こゝでも推計学による同一生産要素相互間の弾力性係数の差の検定を行つてみよう。

稲作に於て、土地の弾性は、盆地と溪谷共に静岡とは5%以下のレベルで差があると云えるが、高原、山間地、積雪地とは、サンプルが小さいので、差があるとは云えないが(30%のレベル)、若しサンプルが大きければ差が出て来るものと想像される。

第七表 静岡県に於ける米・小麦作の生産弾力性係数

	計測者	重相関係数	α	β	τ	$\alpha + \beta + \tau$
水稻	桐生氏	0.992	0.477	0.216	0.316	1.009
	土屋氏	0.89	0.56	0.19	0.25	1.00
小麦	〃	0.97	1.23	-0.36	0	0.87

労働の弾性に於ては、盆地とは差が認められず、その他の高冷諸地域とは、小稿の計測値は零としてあるので差があると云えよう。

資本の弾性に於ては盆地とは1%のレベルで差があると云える

が、溪谷及び山間地とは差が認められない。高原及び積雪地とは差があると云える。

小麦作に於ては、土地の弾性では盆地とは差が認められないが、南部溪谷とは1%のレベルで差があると云える。

以上の比較から稲作に於ては、盆地を除いた高冷諸地域の土地の弾性は、低暖地のそれより大きいと

云えるようである。又労働の弾性に於ては、高冷諸地域は盆地を除き何れも零で、勿論低暖地より小さく、資本の弾性に於ては、盆地を除けば小さいか差がないかの何れかである。

故に一般に高冷地の稲作に於ては、低暖地のものより労働と資本が集約的に（少くとも相対的には）投下されていることを示している。然し盆地の稲作の生産構造は、低暖地のそれとも異なる特異なものであることが予想される。

又小麦作では、高冷地に於ても低暖地に於ても、労働は過集約的に投下されており、盆地と低暖地とは大体同じ生産構造を示していると考えられる。

次に弾性係数の和を見ると、稲作に於ては低暖地の方が、より1に近いようであるから、高冷地の稲作の方が一般的に不安定な状態にあるといえよう。然し生産力の高い盆地、溪谷に於て未だ発展的傾向にあることは注意すべきことであろう。

小麦作に於ては、低暖地が収穫逡減状態にあるに反し、高冷地では不変的又は逡増的で、高冷地の小麦作の方が比較的安定しているといえるかも知れない。

最後に偏限界生産力の計測を行つてみよう。偏限界生産力は、各生産要素の平均生産力にその偏弾性係数を乗じて得られる^(註10)。そこで平均生産力を算出したものが第八表であり、これに弾性値を乗じて限界生産力（これ以下「偏」を省略）を得たものが第九表である。

第八表 平均生産力

\	地 域	土 地	労 働	資 本
		0.1反当	10時間当	1000円当
水	盆 地	0.327石	0.161石	0.483石
	溪 谷	0.308	0.128	0.413
	高 原	0.283	0.109	0.302
	山 間 地	0.213	0.109	0.271
	積 雪 地	0.306	0.145	0.368
小	盆 地	0.265	0.125	0.539
	南 部 溪 谷	0.272	0.148	0.634

第九表 限界生産力

\	地 域	土 地	労 働	資 本
		0.1反当	10時間当	1000円当
水	盆 地	0.084石	0.040石	0.318石
	溪 谷	0.240	0	0.142
	高 原	0.243	0	0
	山 間 地	0.155	0	0.077
	積 雪 地	0.269	0	0
小	盆 地	0.283	0	0
	南 部 溪 谷	0.183	0	0.274

限界生産力は相互に他の生産要素量を一定にしておいて、当該生産要素だけを更に1単位増投したとき、その働きによつて増加すると期待される生産量であるから、盆地に於ける稲作に例をとると、労働と資本の量はそのまゝにしておいて、作付面積だけ0.1反拡張すると、米の収量は8升4合だけ増加することが期待されるという関係を示すものである。計測値から見ると、盆地の稲作に於ては猶労働と資本の増投が経済的に可能であると思われる。溪谷では資本の増投が猶可能ではないかと思われる。然し山間地に於ては資本の増投は国民経済的には不利であろう。南部溪谷の小麦作に於ては猶資本の増投は可能であろう。

暖地の稲作と小麦作に於ける限界生産力の計測結果を示せば第十表の如くである^(註11)。生産要素の質に差があるので、直接比較することは出来ないが、若し同質であると仮定すれば、一般に高冷地の稲作では

第十表 低暖地に於ける限界生産力

\	計測地	土 地	労 働	資 本
		0.1反当	10時間当	1000円当
水	静 岡	0.118石	0.016石	0.058石
	新 潟	—	0.0472	0.283
小	静 岡	0.296	-0.034	0

土地の限界生産力は低暖地より遙に高いと云うことが出来よう。労働の限界生産力は低暖地に比し低いと云えようが、資本のそれは一概に云えないようである。

小麦作に於ては、盆地の限界生産力は、低暖地と大体等しいのではないであろうか。

(註7) 統計調査事務所の標本抽出方法は、母集団を反当生産力により層化して抽出しており、小稿の如く

盆地、溪谷等として層化している訳ではないので、計測結果は厳密には夫々の地域の値を客観的に表しているとは云えないが、仮に正しく反映しているものとしておく。

(註8) 岩田幸基「わが国米麦作に対するダグラス函数の適用について」(『農業総合研究』第七卷第二号)

桐生司一郎「米生産費中の土地用役の計測について」(『静岡大学農学部研究報告』第三号)

土屋圭造「農業に於ける生産函数の研究」(『農業総合研究』第九卷第一号)

(註9) 前掲の論文に於て岩田氏は、各系列に反当の数値を使用され、 $P=bL^k C^r$ なる模型を設定して計測されている。

(註10) (1)式をGについて偏微分すれば $\partial p/\partial G=abG^{a-1}L^b C^r$ となり、又(1)式より $p/G^a=bL^b C^r$ が得られ、これを前式に代入すれば

$\partial p/\partial G=aG^{a-1} p/G^a=ap/G$ となり、他も同様である。

(註11) 静岡の水稲、小麦作についての計測値は前掲の土屋氏の論文より、又新潟の水稲作についてのものは前掲岩田氏の論文より引用した。岩田氏の設定された模型からは、土地の限界生産性は計測出来ない。

五 要 約

1. 長野県に於ける昭和二十九年産米及び小麦生産費調査個別結果表を原資料として、米及び小麦作の偏生産弾力性係数及び偏限界生産力の計測を試みた。計測には一般化された型のダグラス函数 $p=bG^a L^b C^r$ を用いた。

2. その結果、水稲作に於ては盆地を除いた地域の土地の弾性は非常に大きく、又労働及び資本の弾性は極めて小さく、零の地域がかなり見られる。然るに盆地に於ては土地の弾性は小さく資本の弾性が大きい。小麦作に於ても一般に土地の弾性が大きく、労働、資本の弾性は小さいようである。

3. 低暖地に於ける弾性と比較したとき、高冷地に於ける土地の弾性は一般に低暖地よりかなり大きく、労働、資本の弾性は小さいと云えるが、盆地は例外である。小麦作に於ては高冷地の特色は指摘出来ず、低暖地と変りはないかも知れない。

4. 低暖地の米麦作は収穫不変的で安定状態にあるに反し、高冷地のそれは、遞減的か遞増的な地域が多く、均衡破壊的不安定状態にあると云えよう。小麦作は高冷地の方が稍安定状態にあるのではないかと思われる。

5. 一般に高冷地の稲作に於ては、土地の限界生産力は極めて高く、労働と資本のそれは低い。小麦作に於ては限界生産力について高冷地の特色は指摘出来ない。

〔附記〕 小稿は昭和三十一年一月の関西農業経済学会中部支部の研究発表会に於て発表した草稿を加筆訂正したものである。小稿執筆に当り種々御指導下された本学松沢盛茂先生及び快く資料を提供された農林省長野統計調査事務所経済調査課長宮坂彪二氏に対し厚く感謝の意を表する次第である。