

具体的な反映方法(気象指数、補助変数)の検討状況

1 はじめに

温暖化が水稻の平年収量に与える影響については、これまで、特に温暖化の影響が現れやすい北海道と九州を中心に検討を進め、今後の平年収量への反映のあり方を(たたき台)として整理した。

ここでは、(たたき台)にそって、入力データの期間、積算値の取扱い等の検証を行い、気象指数や補助変数を用いた具体的な反映方法を検討した。

2 検討の方向と結果

(1) 夏の気温が徐々に上昇することへの対応

夏の気温が徐々に上昇していることに対応して、主成分分析に入力するデータを次のとおり変更し、従来の方法と比較した。

- ① 出穂±40日の単純平均(従来)
- ② 出穂±40日の平年差
- ③ 出穂前(△40～△1日)と出穂後(±0～40日)に分割し、かつ平年差

(検討の視点と結果)

①(従来)と比べて、②、③でも相関係数はそれほど大きな変化はなかった。一般に、情報を分割すると高まらないこともあるので(例えば、「出穂前後に分割」では、変数が多くなり情報が分散され相関係数は低下)、相関係数が極端に低下している地域もなく、平年差を使用する方法はおおむね妥当と思われる(表1)。

(2) 登熟期の高(夜)温が収量にとってマイナスの要因となることへの対応

登熟期が猛暑に遭遇し、高温障害の発生等により収量がマイナスになることに対応する新しい指標を作成して、そのあてはまりを検討した。

なお、この新しい指標は、ある特定の県だけに有意に適用するものではなく、全国一律で処理した結果、その適用が主に西日本(特に、九州)に有効であるものでなければならない。

また、作成方法としては「気象指数」と「補助変数」が考えられるが、適用はそのどちらかとする。

（検討の視点と結果）

高温障害の影響が大きい九州についてみると、気象指数では出穂後最低気温の情報が収量にとってマイナスに表れているが（表 1 一下表）、補助変数では統計的に有意となる指標を見出すことができなかった（表 2）。

また、「高温障害の発生メカニズムについては、まだはっきりとしていない部分があり（高温が影響していることは間違いないが、他の要因とも複雑に関係）、補助変数とするのはどれも科学的根拠が明解でない。」という指摘がある。

以上のことから、今のところ、気象指数で対応する方が良いと思われる。

（3）低温、台風など作柄の攪乱要因への対応

北日本の冷害や西日本等の台風被害をあらわす補助変数については、傾向値まで補正しきれない部分があるため、加工方法の改良を検討した。

併せて、気象データの加工だけでは対応しきれない重大な災害への対応として、名義変数についても検討した（表 3）。

（検討の視点と結果）

ア 夏の異常低温の指標（低温積算値）

現行 → 出穂前 15 日間で日平均気温が 20°C を下回った分の積算値

北海道では有意となっているものの、相関係数は 0.68 とやや低く、また、東北では有意となっていない（計算の期間を変更すると有意となる）。

このことから、もう少し検討を加える必要があると思われる。

イ 台風等の指標（最大風速の 2 乗値）

現行 → 登熟期間で最大となった日最大風速（ただし 9 m/s 以上）の 2 乗値

日最大風速が 9 m/s ～ 11 m/s で最も適応地域が多く、かつ相関係数も高くなっている。このため、現行の計算方法（ 9 m/s ）でおおむね妥当と思われる。

ウ 気象データだけでは対応しきれない重大災害の指標

名義変数の適応は非常に有力であり、特に、北海道、東北で適用している低温積算値の代替としても期待できる（相関係数が大きく高まる）。

（参考）具体的な検討方法について

アメダスデータを加工して作成した気象指数や補助変数は、「毎年の不規則な変動要因」を極力除去した補正収量を算出するために使っている。

この場合の「毎年の不規則な変動要因」とは、すなわち「作況指数」と類似したものであるので、作成した気象指数や補助変数の有効性を作況指数との（自由度調整済）相関係数を見ながら検討した。

なお、作成した気象指数や補助変数の最適な組合せを見い出すため、変数選択（ステップワイズ法）を用いた。

アメダスデータの具体的加工方法(試行)

(主成分分析による
組替情報)
気象指数

補助変数

1 夏の気温が徐々に上昇することへの対応

平年値を用いた計算方法とする。
具体的には、「実況値」-「平年値」とし、「平年値」は毎年[]℃/100年ずつ上昇させる。

※[]→1901-2000年の100年間の夏(6月~8月)の上昇度について、
北日本(北海道、東北)、東日本(関東、北陸、東海)、西日本
(近畿、中四国、九州、沖縄)別に用いる。

2 登熟期の高(夜)温が収量にとってマイナス要因となることへの対応

(方法1)

「出穂前を△40日~△1日」、「出穂後を±0日~+40日」に分割してそれぞれ計算し、主成分分析により情報を組み替えて、出穂後の高(夜)温の情報を表す。

(方法2)

収量がマイナスになる指標として、ア~エを作成する。

ア 出穂±5日で、最高気温が< 35℃ 又は 33℃ >を超えた日数

イ 出穂後[]日間で、平均気温が< >℃を超えた積算値

※[]→ 出穂後20日、出穂後30日、出穂後40日、登熟期
< >→ 21.5℃(村田氏論文)、21.9℃(林氏論文)

ウ [出穂後30日]間で、日射量が[]MJ/m²以下となった日について、『平均気温』が< >℃を超えた日数(又は、超えた部分の積算値)

※[]→16~12MJ/m²、『平均気温』では< >→28℃~24℃
『最低気温』では< >→23℃~19℃
(平成14年度レポートでは、26℃、14MJ/m²)

エ 1等米比率

※ 複雑な計算の回避、気象データをどのように加工しても適切でない時の対応

3 低温、台風など作柄の攪乱要因への対応

(北日本の冷夏)

[現行の加工方法]

[出穂前15日間]の日々の(平均気温)について、< 20 >℃以下となった日があった場合、< 20 >℃に達しない部分を積算する(低温積算値)。

※[]→ 出穂前24日から30日間
< >→ 最高気温(日中の気温に着目)、< >→ 20~25℃

(台風)

[現行の加工方法]

登熟期間の日々の[最大風速]について、期間の最大値が< 9 >m/s以上であった場合、その値を2乗する。(最大風速の2乗値)。

※< >→ 6~15m/s

(その他、気象データだけでは対応が難しい災害)

作況指数が[]未満になった場合にはフラグ(未满是"1"、それ以外は"0")を付ける(名義変数の付加)。

※[]→ 90、80、70

恒常的要因への対応

攪乱要因への対応

表1 気象指数の作成に用いるデータ加工法別の比較検討

		② 出 穂 前 後 4 0 日 間													
		①単純平均		平 年 値 と の 差								補助変数 日最大風速 低温積算値			
		作況指数との相関係数 (自 由 度 調 整)		気 象 指 数											
					W1	W2	W3	W4	W5						
全 国		0.90	0.90	気象データとの関係 変数選択	+最高 ○	+日射量 ○	+降水量	+最低			(参考) 作況指数との相関係数は、 次の気象指数や補助変数を変 数選択(Stepwise法)したもの 1) 気象指数(W1～W5) (作成に用いた気象要素) ・平均気温 ・最高気温 ・最低気温 ・日降水量 ・日射量 (日照時間から換算) 2) 補助変数 ・最大風速の2乗値 ・低温積算値		●	●	
	北 海 道	0.74	0.70	気象データとの関係 変数選択	+平均 ○	△日射量	+降水量	+最低					●		
北 本 国	東 北	0.84	0.82	気象データとの関係 変数選択	+最高 ○	+降水量	+日射量	+最低							
東 本 国	北 陸	0.84	0.83	気象データとの関係 変数選択	+最高 ○	+日射量 ○	+日射量	+最低					●		
	関東・東山	0.79	0.80	気象データとの関係 変数選択	+最高 ○	+降水量	+日射量	+最低							
	東 海	0.83	0.84	気象データとの関係 変数選択	+最高 ○	+日射量 ○	+降水量	+最低							
西 本 国	近 畿	0.76	0.76	気象データとの関係 変数選択	+最高 ○	+日射量 ○	+降水量	+最低							
	中 国	0.78	0.77	気象データとの関係 変数選択	+最高 ○	+日射量	+降水量	+最低					●		
	四 国	0.84	0.84	気象データとの関係 変数選択	+最高 ○	+降水量 ●	+日射量	+最低					●		
	九 州	0.90	0.89	気象データとの関係 変数選択	+最高 ○	+日射量 ○	+降水量	+最低					●		

(注) ・「気象データとの関係」は、全体の情報量に占める割合が3%以上の指標について表示した。
 ・変数選択は、ステップワイズ法を用いた。○は作況指数にとってプラスの要因で採用された指標、●はマイナスの要因で採用された指標である。
 なお、赤字(色が薄い)は不採用(統計的に棄却)となった指標である。

		③ 出穂前と出穂後を分割 (出穂前: △40日～△1日、出穂後: ±0日～40日)													
				平 年 値 と の 差											
		作況指数との相関係数 (自由度調整)		気 象 指 数										補助変数	
				W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	日最大風速	低温積算値
全	国		0.88	気象データとの関係 変数選択	+前最高 ○	+後日射	+後日射	+後降水	+前降水	+後日射	△後日射			●	●
北日本	北海道		0.68	気象データとの関係 変数選択	+前最高	+前降水	+後日射	+後降水	+前降水	+前降水	△後日射				●
	東北		0.82	気象データとの関係 変数選択	+前最高 ○	+後最低	+後日射	+前降水	+後降水	+前日射	+後最低				
東日本	北陸		0.84	気象データとの関係 変数選択	+後最高 ○	+後最低	+前日射 ○	+前降水 ●	+後降水	+後日射	+前最低			●	
	関東・東山		0.80	気象データとの関係 変数選択	+前平均 ○	+後最低	△後日射	+前日射	+前降水	+後最低	+前最低				
	東海		0.81	気象データとの関係 変数選択	+前平均 ○	+後最低 ●	+後日射	+後降水	+前降水	△後日射	+前最低				
西日本	近畿		0.76	気象データとの関係 変数選択	+前平均 ○	+前日射 ○	+後日射	+後降水	+前降水	+前日射	+前最低				
	中国		0.80	気象データとの関係 変数選択	+前平均 ○	+後日射	+後日射	+後降水 ●	+前降水	△後日射	+後最高			●	
	四国		0.83	気象データとの関係 変数選択	+前平均 ○	+後日射 ○	+後日射	+後降水	+前降水	+後最低	+前日射			●	
	九州		0.92	気象データとの関係 変数選択	+前平均 ○	+後最低 ●	+後降水	+後降水	+前降水 ●	+後最低	+前日射			●	

出穂後の最低気温が、マイナス要因に影響

表2 「出穂後の高温によるマイナスの要因」を反映する補助変数(高温積算値)の適応状況

出穂±40日 (平年値との差)		高温積算値 の補助変数 がない場合 (自由度調整 済相関係数)	ア		イ						ウ										エ 一 等 米 率 比
			出穂±5日		出穂±0日～+30日			登熟期(出穂±0日～刈取日)			日射量(14.0MJ/m ² 以下)					日射量の設定なし					
											出穂±0日～+30日(最低気温が[℃]以上の場合の積算値)										
			最高気温 35℃以上	最高気温 33℃以上	平均気温 21.5℃以上	平均気温 21.9℃以上	平均≥26℃ 日射≤14MJ	平均気温 21.5℃以上	平均気温 21.9℃以上	平均≥26℃ 日射≤14MJ	23.0℃以上	22.0℃	21.0℃	20.0℃	19.0℃	23.0℃以上	22.0℃	21.0℃	20.0℃	19.0℃	
全	国	0.89	x	● 0.89	● 0.91	● 0.92	● 0.87	● 0.91	● 0.91	● 0.87	x	x	x	x	x	● 0.93	● 0.93	● 0.92	● 0.92	● 0.91	x
北日本	北海道	0.68			x	x		x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	東北	0.82		● 0.86	x	x	x	x	● 0.87	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	○ 0.85	
東日本	北陸	0.83	x	x	○ 0.83	○ 0.82	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	関東・東山	0.80	x	x	● 0.83	● 0.83	x	● 0.83	● 0.83	x	x	x	x	x	● 0.83	● 0.84	● 0.84	● 0.84	● 0.86	x	
	東海	0.84	x	x	● 0.85	● 0.85	x	● 0.86	● 0.86	x	x	x	x	x	● 0.89	● 0.89	● 0.89	● 0.88	● 0.85	x	
西日本	近畿	0.76	x	x	● 0.78	● 0.81	● 0.82	● 0.79	● 0.79	● 0.81	● 0.80	● 0.78	● 0.77	● 0.77	● 0.82	● 0.82	● 0.81	● 0.80	● 0.80	○ 0.82	
	中国	0.77	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	○ 0.87	
	四国	0.84	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	○ 0.88	
	九州	0.92		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	○ 0.93	○ 0.93	○ 0.93	x	x	x	x	x

(注) 1 変数選択をステップワイズ法で行い、採用された指標には(自由度調整済)相関係数を記述した。
2 ○は作況指数にとって、プラスの要因で採用された指標、●はマイナスの要因で採用された指標である。
3 空欄はデータとして該当のなかったもの、×印は変数選択で採用されなかったものである。
4 赤字(色が薄い)は、「高温積算値の補助変数がない場合」(最左の欄)よりも相関係数が弱くなったものである。

(参考)
「高温積算値の補助変数がない場合」の欄の相関係数は、次の気象指数や補助変数を変数選択(Stepwise法)したもの
1) 気象指数(W1～W5)
(作成に用いた気象要素)
・平均気温
・最高気温
・最低気温
・日降水量
・日射量
(日照時間から換算)
2) 補助変数
・最大風速の2乗値
・低温積算値

表3 気象指数に各補助変数を単独適応(補助変数の組合せなし)した場合

		(1) 低温積算値			(2) 日最大風速(登熟期間の最大値)					(3) その他		(参考) 気象指数の作成に用いた気象要素 ・平均気温 ・最高気温 ・最低気温 ・日降水量 ・日射量(日照時間から換算)	
出穂±40日 (平年値との差)		補 助 変 数 がない場合 (自由度調整済相関係数)	出穂△15日～±0日	出穂△24日～+5日		登 熟 期 間 (出 穂 ± 0 日 ～ 刈 取 ± 0 日)					名義変数		
			平均気温	平均気温	最高気温	日 最 大 風 速					作況指数が()未満の年次を“1”、 それ以外を“0”とする指標		
			20℃未満	20℃	22℃	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s			
			積算値	積算値	積算値	2乗値	2乗値	2乗値	2乗値	2乗値	90未満		80
全 国		0.83	x	● 0.88	● 0.88	● 0.86	● 0.87	● 0.87	● 0.87	● 0.87	● 0.90		
北 日 本	北 海 道	0.65	● 0.68	x	x	x	x	x	x	x	● 0.84	● 0.86	
	東 北	0.82	x	● 0.84	● 0.84	x	x	x	x	x	● 0.91	● 0.88	
東 日 本	北 陸	0.79		x	x	x	● 0.83	● 0.83	● 0.84				
	関東・東山	0.80	x	x	x	x	x	x	x	x	● 0.83		
	東 海	0.84		x	x	x	x	x	x				
西 日 本	近 畿	0.76			x	x	x	x	● 0.79	x			
	中 国	0.69		x	x	● 0.82	● 0.77	● 0.79	● 0.79	● 0.78	● 0.75		
	四 国	0.78	x	x	x	● 0.84	● 0.84	● 0.84	x	x			
	九 州	0.80	x	x	x	● 0.91	● 0.92	● 0.89	● 0.88	● 0.92	● 0.86		