

33. 内モンゴル農牧混合地帯における農業自然災害に関する研究

THE STUDY ON THE AGRICULTURAL DISASTER ISSUES AND ITS DYNAMIC CHANGE IN THE AGRICULTURAL-PASTORAL BELT OF INNER MONGOLIA OF CHINA

陳 晋 * . 張 蘭 生 ** . 井村秀文*
CHEN JIN , ZHANG LANSENG, HIDEFUMI IMURA

ABSTRACT ; The Agricultural- Pastoral Belt of Inner Mongolia of China, a very typical region with heavy agricultural issues, is selected as study area. Firstly, through a series of indices that reflect the agricultural disaster issues, the present conditions and spatial distribution regularity of disaster issues are analyzed. Then, using the index of product deviation rate, four regions with the same change process of agricultural disaster issues are determined according to the method of fuzzy cluster analysis according to the method of fuzzy cluster analysis . At the same time, the laws of dynamic change and the regional differences of agricultural disaster issues are discussed. Finally, based on the principle of Fuzzy multi-factors integrated evaluation, an appraisal model of disaster risk assessment under many disasters is established in the scale of county and risk assessment based on the model is completed.

KEYWORDS ; Disaster Issues, Agricultural- Pastoral Belt of Inner Mongolia, Dynamic change

1. 目的

自然界で発生する異常現象は、自然環境の変化により拡大されて、社会的な損失をもたらすと同時に、新たな自然災害の原因となりうる。本稿における災害とは、自然と人間活動の相互作用の結果として、自然災害の社会と経済に及ぼす影響の程度を表す。内モンゴル農牧混合地帯は中国内モンゴル自治区内に位置し、その面積は 300,506.6平方キロメートルに及び、43の県市にまたがっている(図1)。本地域は内モンゴル高原から華北平原の間に位置して、温帯の半湿潤、半乾燥気候の地域に属して、半農半牧の長い歴史をもち、中国北方の重要な食糧基地となっている。気候は時間的にも空間的にもかなり不安定である。経済レベルは低く、防災施設は貧弱である。このため、本地域は中国北方の典型的な災害多発地域となっている。統計によれば、干ばつ、風害、霜、冷害、霧、あられ、病虫害等により、毎年、食糧生産が1～6億キロ減収し、家畜百万頭以上の被害が発生している。本地域の災害の傾向を把握することは、極めて重要な課題である。

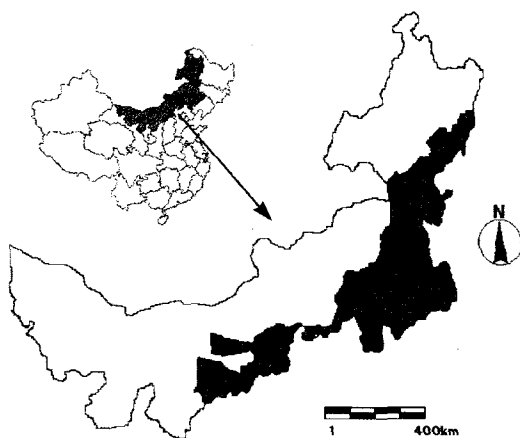


図1 内モンゴル農牧混合地帯の地理的位置

2. 研究内容

2.1 農業災害の現状及び空間的分布

(A) 農業災害

農業に対する自然災害は、農作物の減収に直結する。農作物の減産量の指標は以下の式で表すことができる。

$$P_r = (D_1 \times A_1 + D_2 \times A_2 + D_3 \times A_3) \times P_i$$

P_r は減産量(絶対被害レベル)、 D_1 、 D_2 、 D_3 はそれぞれの収率の減少程度であり、それぞれ、30～50%、50～80%、80～100%に相当する。 A_1 、 A_2 、 A_3 は、それぞれの面積、 P_i は平均単位面積あたりの生産量である。この式により、中国民政部の統計資料にもとづいて、各県の P_r を計算する。求められた被害量から各地域の農業生産に対する影響を示すパラメータとして、各県の正常年の生産量に対する P_r の比率である被害相対レベル Q_r を次式で定義する。

* 九州大学工学部環境システム工学センター : Institute of Environmental Systems, the faculty of Engineering, Kyushu University

** 中国北京師範大学地理学研究科 : Department of Geography, Beijing Normal University

単位：万キロ

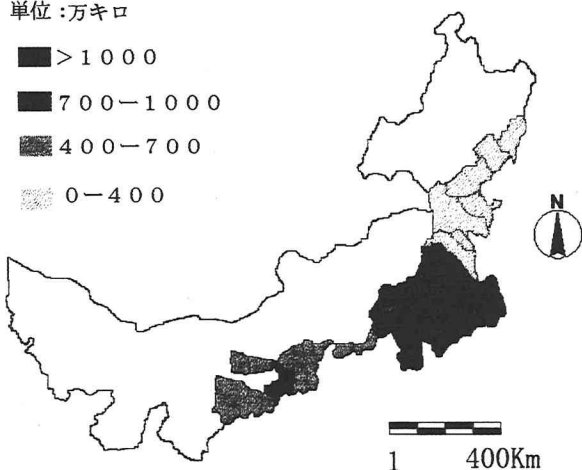
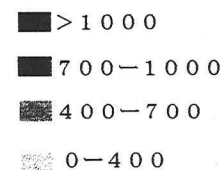


図2 内モンゴル農牧混合地帯の農業絶対被害

%

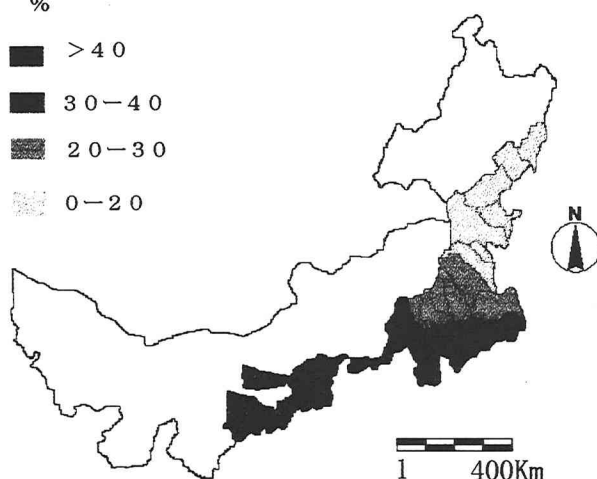
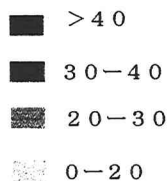


図3 内モンゴル農牧混合地帯の農業相対被害

$$Q_r = P_r / (P_i \times A) \times 100\%$$

Aは農地面積である。P_r及びQ_rの空間的分布を図2及び図3に示す。被害レベルは以下のように3類型に分類できる：(1) 相対被害レベル低，絶対被害レベル高：本地帯の東部。(2) 相対被害レベル高，絶対被害レベル低：本地帯の中部，西部。(3) 相対被害レベル低，絶対被害レベル低：本地帯の東北部。この中では，(2)類型に属する地域の災害が特に深刻であるといえる。

(B) 牧畜業における災害

牧畜業においては死亡した家畜数(標準羊単位に換算)をもって絶対被害レベルとし，飼育数に対する死亡数の割合を相対被害レベルとする。これらの空間分布を図4及び図5に示す。東部、中部は相対被害レベル高，絶対被害レベル高の類型に属し、被害が深刻であるといえる。

2. 2 農業被害の変化

(A) 生産量の経年変化

農産物の生産量Pは，以下の式によってあらわされる。

$$P = f(Q, T, W, M)$$

ここで，農産物の生産量Pは日光(Q)，気温(T)，供水量(W)，農業技術(M)に関する関数である。Pは趨勢的生産量をしめすP_Aと生産量の偏差を示すP_Dに分けられる。

単位：万頭

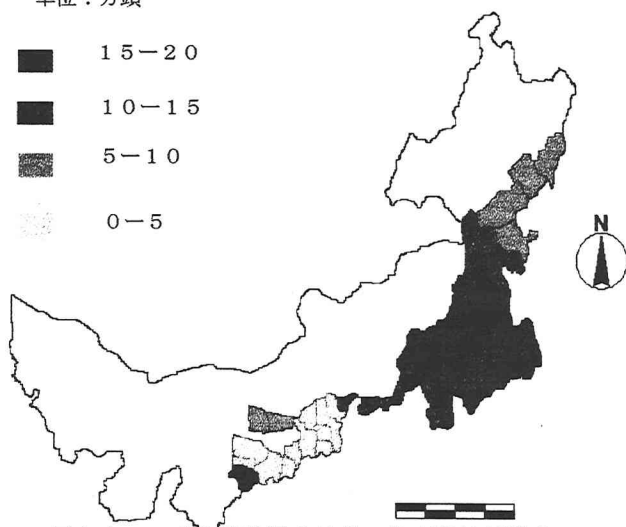
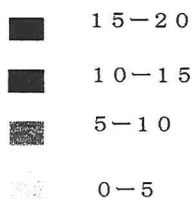


図4 内モンゴル農牧混合地帯の牧畜業絶対被害

%

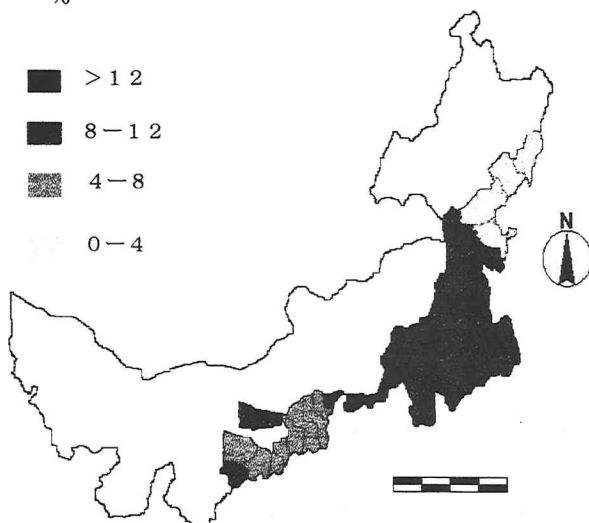
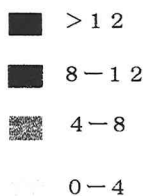


図5 内モンゴル農牧混合地帯の牧畜業相対被害

$$P = P_A + P_D$$

P_A は通常的气象条件下で、投入される農業技術が増加し、かつ正常の生産量が随時増大している状況を示し、べき関数の形式で最小二乗法により求める。

$$P_A = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 \dots$$

ここで、 $t = 1, 2 \dots n$ は1949～1987の各年を示す。また、 P_D は示された気象条件のなかで正常の状態から乖離した状況が発生した時に生産量の偏差であり、災害の発生時には P_D は負となる。 P_D は実際の実生産量である P と P_A との差によって求められる。生産量の偏差率を次式によって定義する。

$$I = P_D / P_A \times 100\%$$

I が負となれば、災害による生産量の減少とみなされ、その値が小さくなるほど被害が大きくなるといえる。

I は各県の経年の農業生産量(1949～1987年)から求める。

(B)被害プロセスのクラスター分析

被害の経年変化を示す I は、各県により大きく異なっている。このため、解析を行うために、その傾向が類似している県をひとつのクラスターとして分類するファジー・クラスター方法を適用して、これにより得られた各均質地域における被害プロセスを検討する。その手順は以下の通りである：

- (1) 各県の1949年から1987年までの生産量偏差率をマトリックスとする。
- (2) 被害プロセスの類似度は積率相関係数を定義されて、類似度マトリックス R を計算する。

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{39} (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^{39} (x_{ik} - \bar{x}_i)^2 \sum_{k=1}^{39} (x_{jk} - \bar{x}_j)^2}}$$

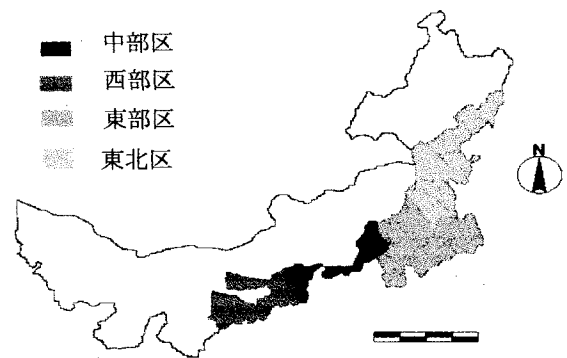


図6 内モンゴル農牧混合地帯を分類する均質地域

- (3) ファジー等価関係マトリックスを $R^n \cdot R = R^n$ に収束するまで計算する。

$$R \Rightarrow R^2 \Rightarrow R^3 \dots R^n$$

- (4) 信頼率レベル λ によって、クラスターのメンバーシップ関数を決めて、均質地域に分類する。

農牧混合帯を、被害プロセスにより東北区、東部区、中部区、西部区の4区に $\lambda = 0.6783$ で分割する。分割した地域の分布を図6に示す。

(C)各区における被害のダイナミックス

上記の各区について、それぞれ農作物生産量の偏差率と自然災害との関係を図7に示した。被害変化の周期、温度、降水量変化の周期はBlackman-Tukeyベクトル密度関数の推量によった。結果は以下の通りとなった。

- (1) 生産量の偏差率は被害プロセスを反映し、4区で有意の差が見られた。東北区では、被害プロセスは主に気温変化によっており、3～4年の周期が一致している。中部及び西部区では、2～3年周期の降水量変化と一致していた。東部区は、温度と降水量の変化の両者が影響している。

- (2) 各区における主要減産年と自然災害について対応関係が見られ、干ばつ—冷害—霜害の組み合わせが最も多く観察された。過去39年間に大規模な減産年は5回あった(1951, 1957, 1962, 1972, 1980)が、すべて干ばつと冷害の年であった。

- (3) 中部区は本地帯の中で災害が最も深刻な地域である。過去39年間における減産年は18回に及び、平均減産率は約30%である。被害プロセスを見ると、1951～1959, 1974～1977, 1983～1987の各期間は西部区と、1960～1973, 1977～1982では東部区と同時に発生している。このことから中部区は東西両区の間質的性質があると考えられる。

- (4) 各区における被害は全体として変化量が減少する方向に向かっている。東北区、東部区ではその方向が顕著であり、特に被害プロセスが温度変化に支配される80年代以降の変化量は非常に小さい。一方、中部区では変化量の方向性は不明瞭である。また降水量の変化が支配する西部区では拡大する方向にある。同地区における80年代以降の気候温暖化の方向性と一致している。

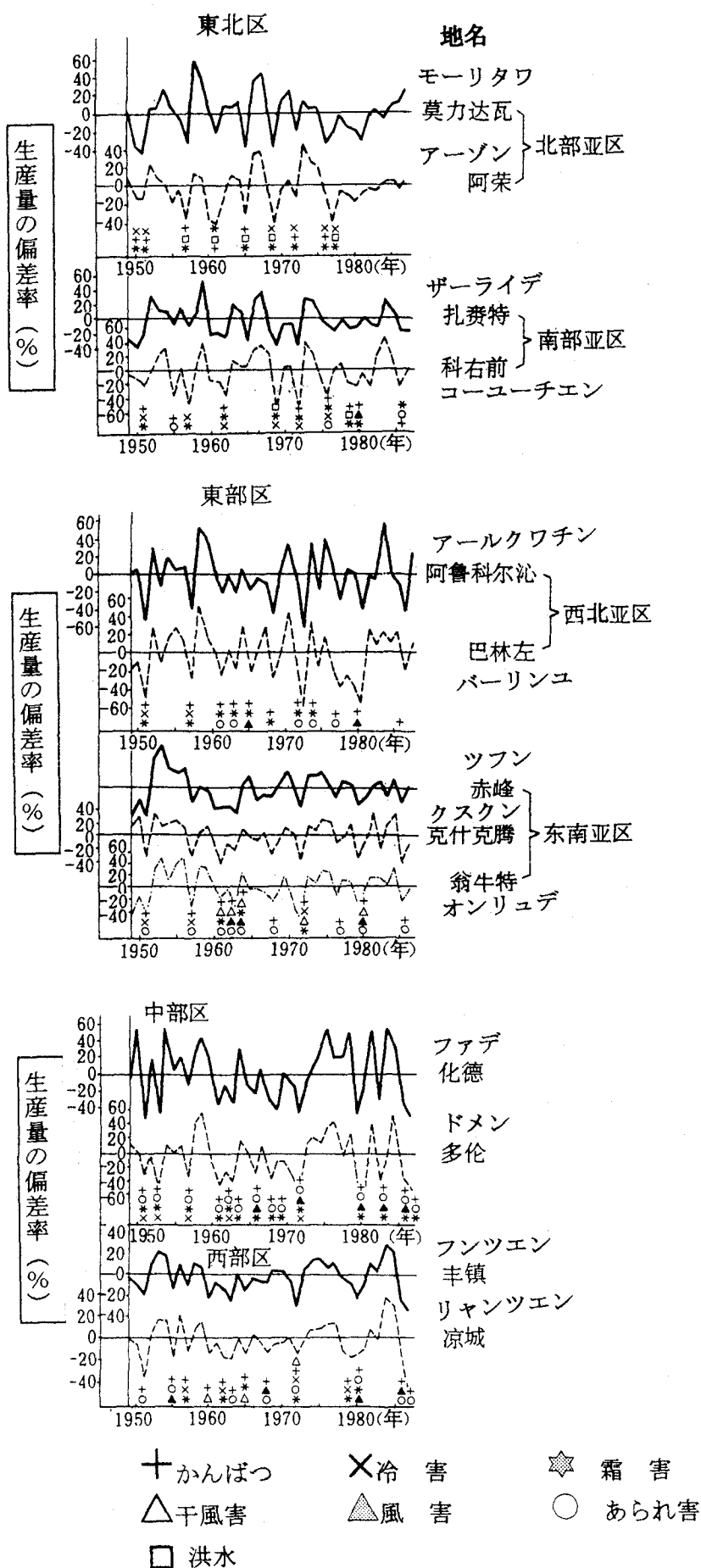


図7 農作物生産量の偏差率の経年変化

2. 3 農業自然災害のリスク評価モデル

本論文で言うリスク評価とは、自然災害によってもたらされる損失の可能性を評価するものであり、災害の農業生産に対する影響を示すものである。本論文では多種の自然災害が発生する条件下でのリスク評価モデルをファジー総合評価モデルにもとづいて以下のように構築した。

(A) 評価結果集合及び評価因子集合

評価結果集合 $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6\}$
 $= \{ \text{生産量偏差率} > 20\%, \text{生産量偏差率} 20\% \sim 0\%,$
 $\text{生産量偏差率} 0 \sim -10\%, \text{生産量偏差率} -10\% \sim -20\%,$
 $\text{生産量偏差率} -20\% \sim -30\%, \text{生産量偏差率} < -30\% \}$

評価因子集合 $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8\}$
 $= \{ \text{春かんばつ, 夏秋かんばつ, 洪水, 冷害, 春霜害, 秋霜害, あられ害, 風害} \}$

各評価因子の災害等級の評価結果集合を「中国気象年鑑」に基づいてきめる。

$U_1 = \{u_{11}, u_{12}, u_{13}\} = \{ \text{軽度春かんばつ, 中度春かんばつ, 重度春かんばつ} \}$
 $U_2 = \{u_{21}, u_{22}, u_{23}\} = \{ \text{軽度夏秋かんばつ, 中度夏秋かんばつ, 重度夏秋かんばつ} \}$
 $U_3 = \{u_{31}, u_{32}\} = \{ \text{軽度洪水, 中度洪水} \}$ $U_4 = \{u_{41}, u_{42}\} = \{ \text{軽度冷害, 中度冷害} \}$
 $U_5 = \{u_{51}, u_{52}\} = \{ \text{軽度春霜害, 中度春霜害} \}$ $U_6 = \{u_{61}, u_{62}\} = \{ \text{軽度秋霜害, 中度秋霜害} \}$
 $U_7 = \{u_{71}, u_{72}\} = \{ \text{軽度あられ害, 中度あられ害} \}$ $U_8 = \{u_{81}, u_{82}\} = \{ \text{軽度風害, 中度風害} \}$

(B) 単一災害のリスク評価

上記の集合に基づき各地域における年毎の統計生産量偏差率と自然災害の関係を表す度数分割表を作成する。その例として表1に本地域西部にある東勝市の場合を示した。得られた度数分割表を用いて以下を求める。

- (1) 自然災害(k)の各等級の発生確率 A_{1xi}^k
- (2) 各等級の自然災害発生時の生産量偏差率発生条件確率 B_{ixj}^k 、これらからリスクの行ベクトルCを求め、帰一化処理を実行する。

$C_{1xj}^k = A_{1xi}^k \times B_{ixj}^k$
帰一化処理: $C_{1xj}^k = [c_{1j} / \sum c_{1j}]$

(C) 重みの確定

各自然災害の農業生産への影響の程度は一様ではなく、リスクの重みも異なっている。ここで、各自然災害の重みを χ^2 検定を利用して計算しこれに基づいて各自然災害が被害にもたらす影響の程度を求め、あわせて重みWを得る。

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - X_0)^2}{X_0}$$

X_i は実度数、 X_0 は自然災害と被害の間に相関がないと仮定した場合の理論度数である。各自然災害の重みは χ^2 値を帰一化処理して得られる。本地域西部の東勝市を例にするとWは以下のように示される。

$W_{1 \times 8} = \{0.1819, 0.2401, 0.0645, 0.1212, 0.0837, 0.0542, 0.1171, 0.1373\}$

重みの順番は夏秋かんばつ、春かんばつ、風害、冷害、あられ害、春霜害、秋霜害、洪水であり、実際の状況とよく一致している。

(D) リスクの総合評価

各種自然災害が作用するリスク行ベクトルは以下ように求める。

$D = W_{1 \times 8} \times (C_{1xj}^1 C_{1xj}^2 C_{1xj}^3 C_{1xj}^4 C_{1xj}^5 C_{1xj}^6 C_{1xj}^7 C_{1xj}^8)'$

これを用いた計算による各県の農業自然災害のリスク評価値Dを図8に示す。これから、中部地域の災害のリス

表1 産量偏差率と自然災害を対応させる度数分割表

V \ U		偏差率 >20%	偏差率 0~20%	偏差率 0~10%	偏差率 -10~-20%	偏差率 -20~-30%	偏差率 <-30%
正 常 年	U1	3	7	5	3	0	1
	U2	4	3	3	0	0	1
	U3	3	7	8	6	2	4
	U4	3	8	8	4	0	4
	U5	1	4	6	2	0	4
	U6	2	9	7	2	1	4
	U7	2	8	8	3	2	4
	U8	4	7	6	4	2	3
輕 度	U1	1	2	2	0	2	1
	U2	0	3	1	1	0	0
	U3	1	3	1	0	0	0
	U4	1	3	0	1	1	0
	U5	1	5	3	1	0	0
	U6	0	0	2	2	0	0
	U7	3	3	1	1	0	0
	U8	1	4	2	1	0	0
中 度	U1	0	1	1	0	0	1
	U2	0	4	2	0	1	0
	U3	1	1	0	0	0	1
	U4	1	0	1	1	1	3
	U5	0	0	0	1	1	3
	U6	0	0	0	0	0	0
	U7	0	0	0	2	0	2
	U8	0	0	1	1	0	2
重 度	U1	0	1	1	3	1	1
	U2	0	1	3	5	1	2

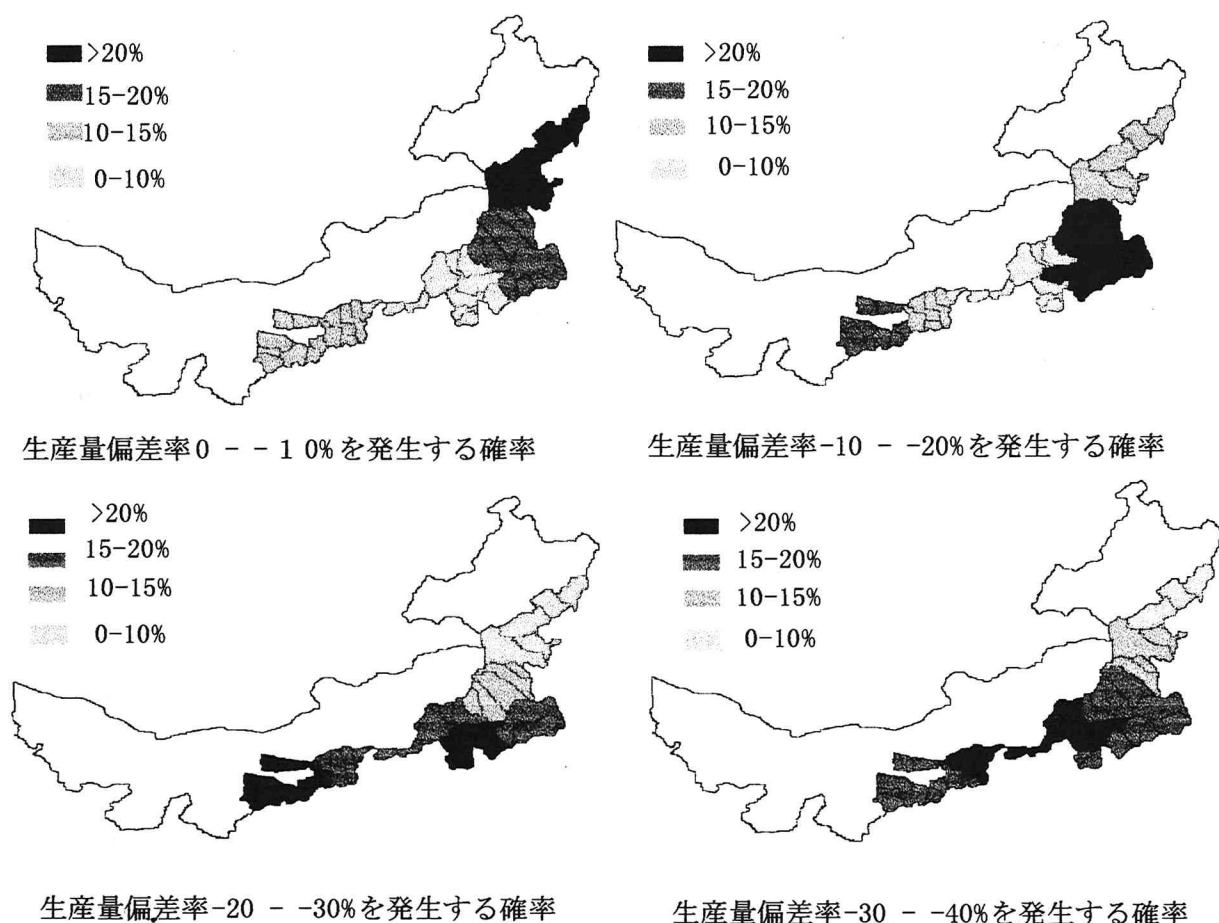


図 8 各県の農業自然災害のリスク評価

クが特に大きいことがわかる。それは、同地域の気象の変動が大きいことが主要な原因であると考えられる。

3. 結論

(1) 内モンゴル農牧混合地帯の農業と畜産業について、農作物の減産量、各県の正常年の生産量に対する農作物の減産量の比率、死亡した家畜数、飼育数に対する死亡数の割合で表示する絶対被害、相対被害に関する指標を作成し、それらの空間分布を示した。東部、中部において被害が特に深刻であることが示された。

(2) 農作物産量について、災害による生産量の減少に関する指標生産量偏差率を作成し、各県の被害ダイナミックプロセスをファジー・クラスター法により東北区、東部区、中部区、西部区の4区の均質地域に分割し、各均質地域における被害プロセスを分析した。全体的な被害変化は主に気象の変化によるものである。東北区では、被害プロセスは主に気温変化によっており、中部及び西部区では、降水量変化と一致していた。各区における災害変化の方向は気候温暖化の方向性と一致して、干ばつ・冷害・霜害が農業生産に最も顕著な影響を与えていることが明らかになった。

(3) ファジー総合評価モデルを利用して、多種の自然災害が発生するもとのリスク評価モデルを構築した。これから、気象の変動が大きな中部地域の災害のリスクが特に大きいことが示された。

参考文献

- 1) Foster Harold, Disaster Planning: The Preservation of Life and Property pp234-240, Springer-verlog Pub, 1988
- 2) 張響才、李世桂：中国農業気象災害概論，気象出版社，1992
- 3) 内蒙古自治区人民政府参事室：内蒙古歴代自然災害史料続編，1990
- 4) 中国気象庁：中国気象年鑑，気象出版社，1992