

二分決定グラフを用いた お絵かきロジックの複数解の検出



埼玉大学 理工学研究科
堀山 貴史

お絵かきロジック

■ イラストロジック、ののぐらむ、ピクロス

		1		3	
	3	2	5	1	1
3					
2					
5					
3					
2					

■ 各マスを、白黒に塗り分ける

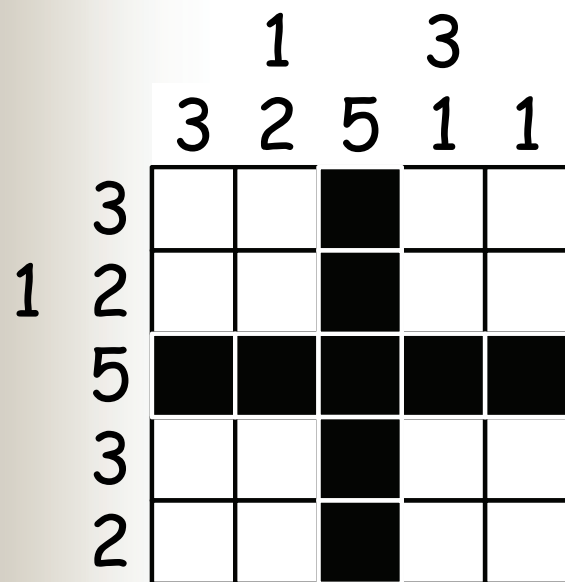
■ 行の横の**数字**、列の上の**数字**

■ **黒ブロック** (連続した黒マス) の**サイズ** を指定

■ **複数の数字**がある場合は、**その順**に、黒ブロックが出現
(**黒ブロックの間**には、**白マス**が1つ以上)

お絵かきロジック

■ イラストロジック、ののぐらむ、ピクロス



■ 各マスを、白黒に塗り分ける

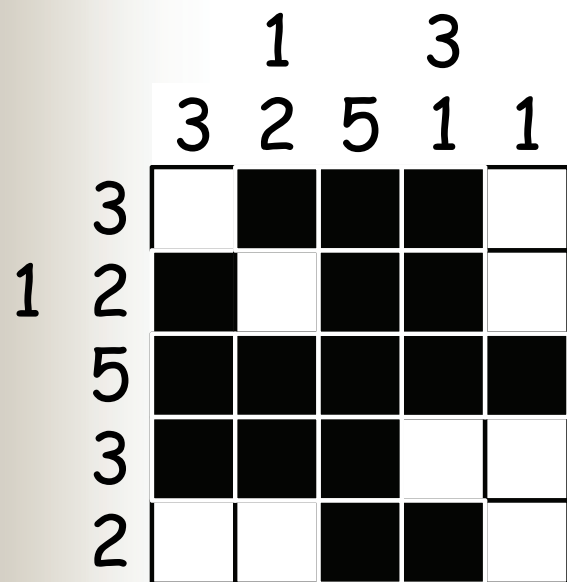
■ 行の横の**数字**、列の上の**数字**

■ **黒ブロック** (連続した黒マス) の **サイズ** を指定

■ **複数の数字**がある場合は、**その順**に、黒ブロックが出現 (黒ブロックの間には、**白マス**が1つ以上)

お絵かきロジック

■ イラストロジック、ののぐらむ、ピクロス



■ 各マスを、白黒に塗り分ける

■ 行の横の**数字**、列の上の**数字**

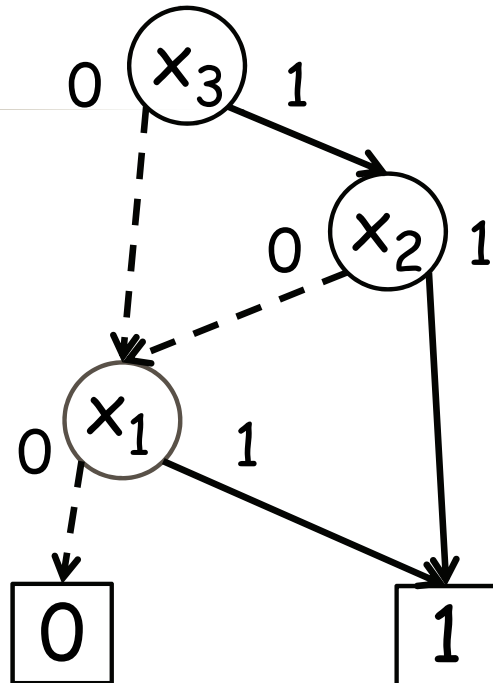
■ **黒ブロック** (連続した黒マス) の **サイズ** を指定

■ **複数の数字**がある場合は、**その順**に、黒ブロックが出現 (黒ブロックの間には、**白マス**が1つ以上)

二分決定グラフ / BDD

■ BDD (Binary Decision Diagrams)

例) $x_3 x_2 \vee x_1$



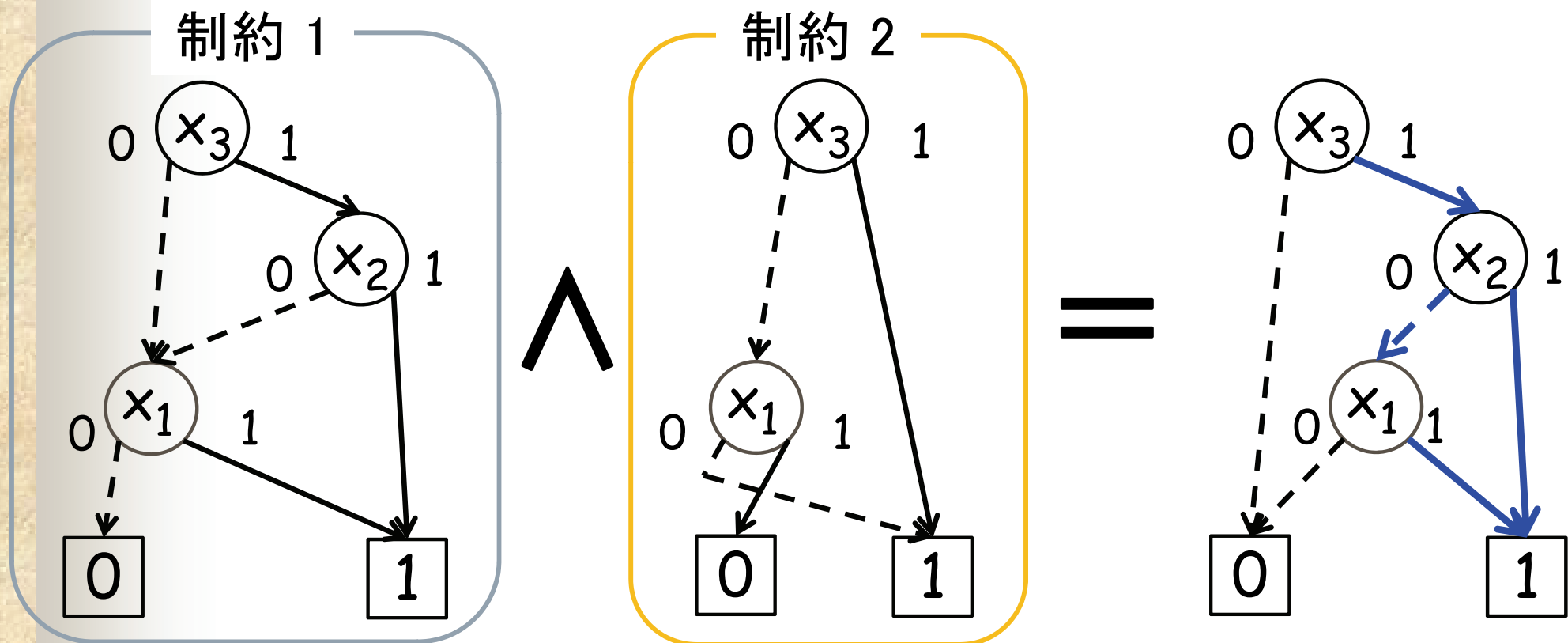
特長

- 変数の出現順序を定めると、論理関数を一意に表現
- 種々の論理関数をコンパクトに表現
- 論理演算を高速に行える

論理回路の計算機援用設計、
機械学習、データマイニングなどに広く応用

BDD による制約充足問題の解法

- ・ 論理変数の **1 / 0** を意味付けする
- ・ **制約条件**を BDD で表す



- ・ **1-path** が、充足解に対応
 - 充足解を、すべて**列挙**できる

変数

$$x_{i,j} = \begin{cases} 1 \cdots i \text{ 行 } j \text{ 列目のマスは 黒} \\ 0 \cdots \text{白} \end{cases}$$

		3	1	5	3	1
1	3	$x_{1,1}$	$x_{1,2}$	$x_{1,3}$	$x_{1,4}$	$x_{1,5}$
	2	$x_{2,1}$	$x_{2,2}$	$x_{2,3}$	$x_{2,4}$	$x_{2,5}$
	5	$x_{3,1}$	$x_{3,2}$	$x_{3,3}$	$x_{3,4}$	$x_{3,5}$
	3	$x_{4,1}$	$x_{4,2}$	$x_{4,3}$	$x_{4,4}$	$x_{4,5}$
	2	$x_{5,1}$	$x_{5,2}$	$x_{5,3}$	$x_{5,4}$	$x_{5,5}$

行/列の制約（数字が1つの場合）

3

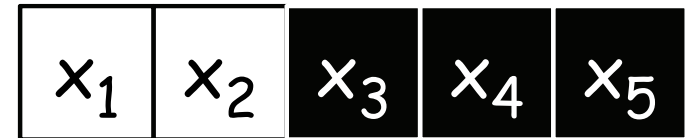
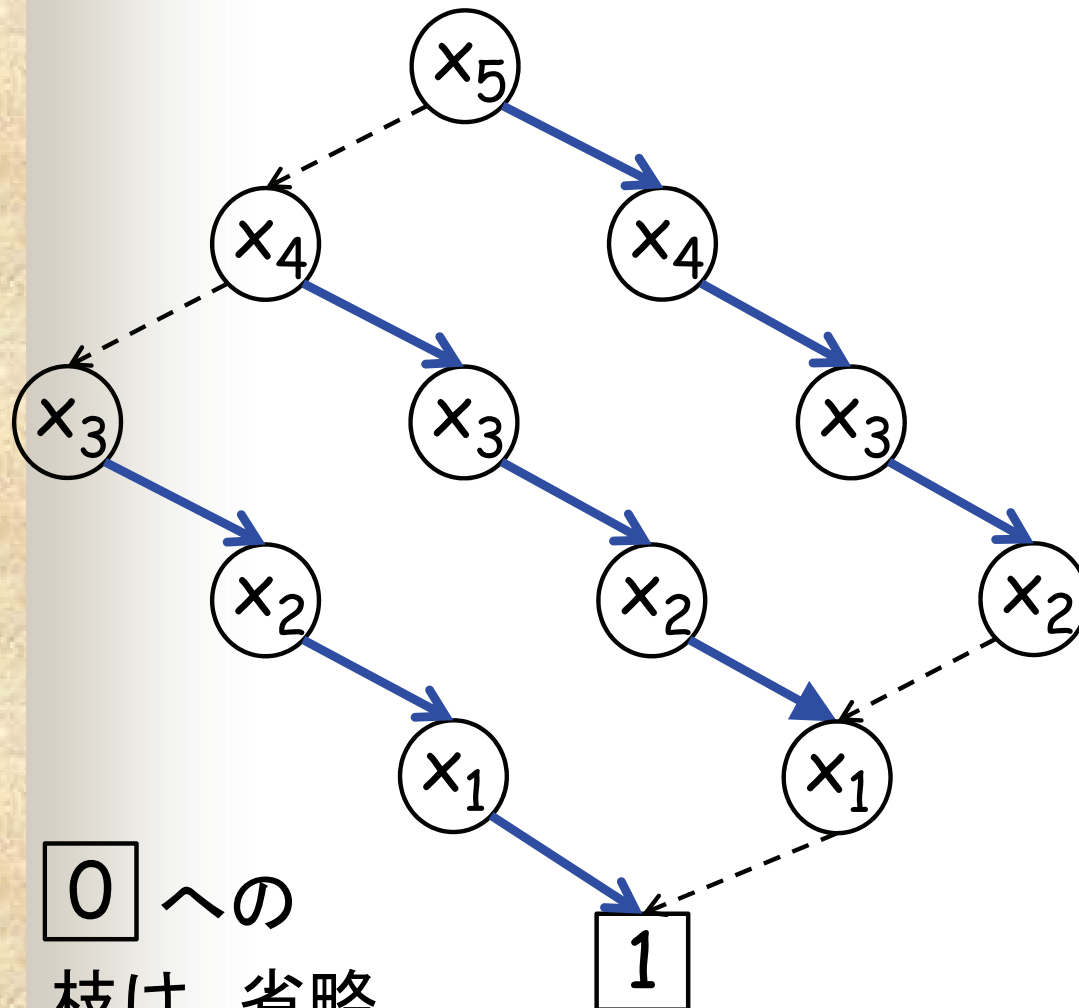
x_1

x_2

x_3

x_4

x_5



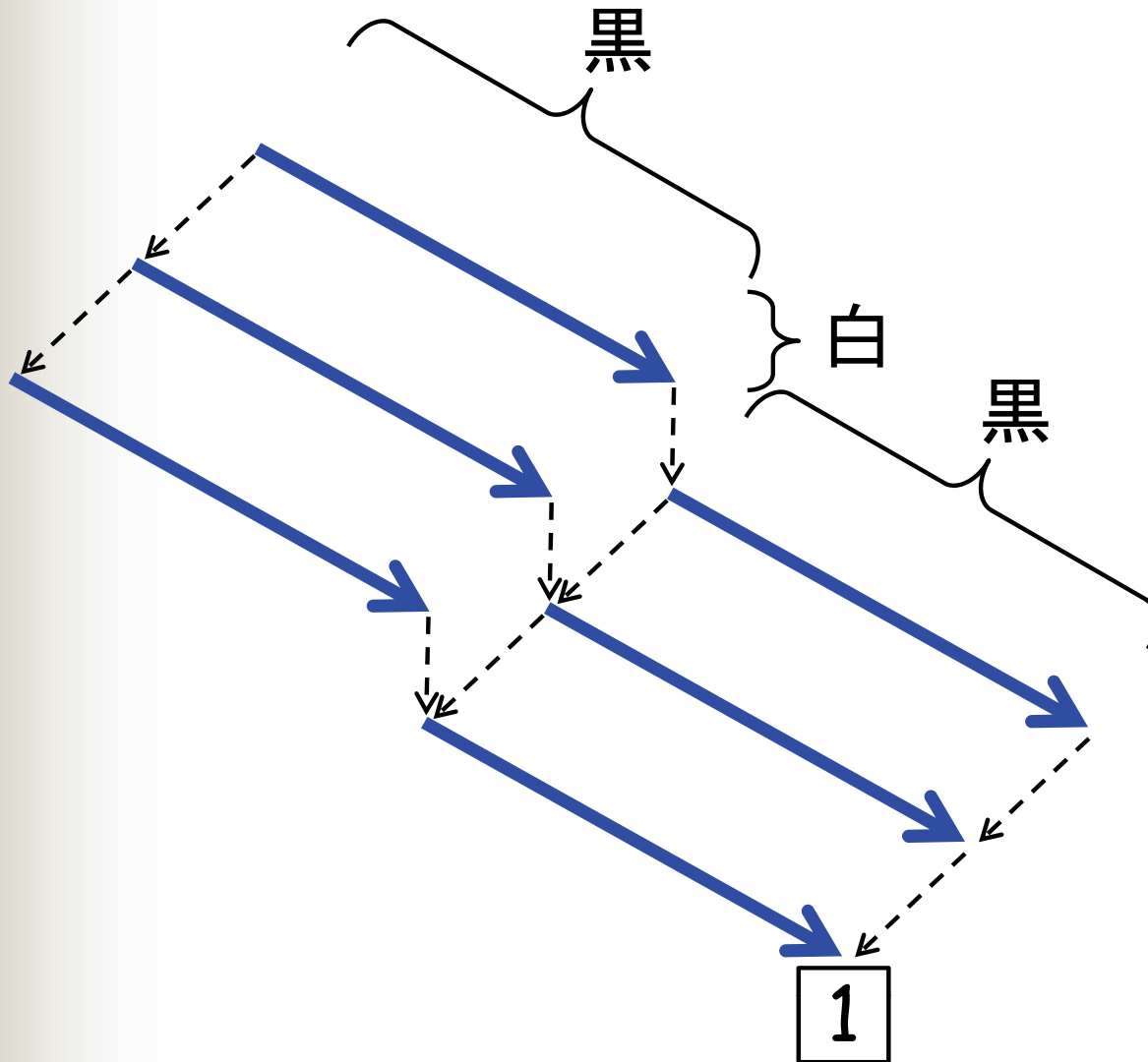
または



または

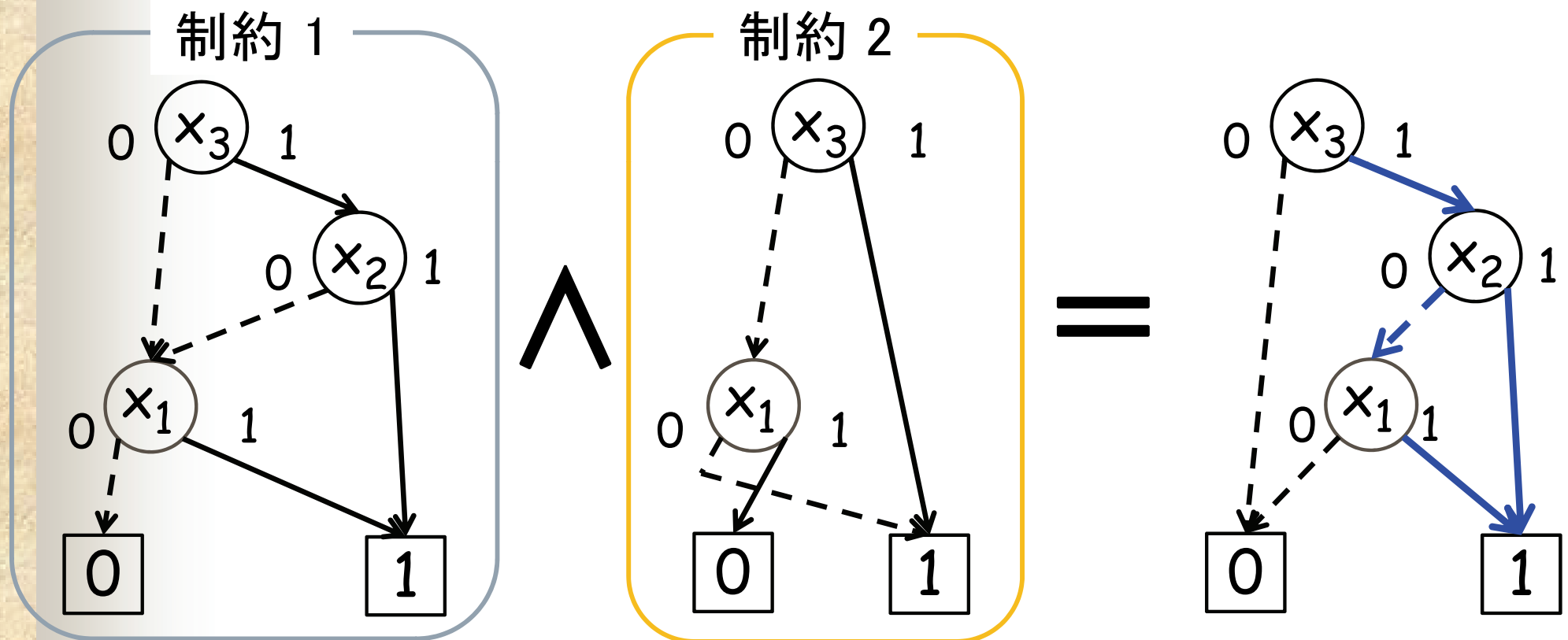


行/列の制約（数字が複数の場合）



BDD による制約充足問題の解法 (再掲)

- ・ 論理変数の **1 / 0** を意味付けする
- ・ **制約条件**を BDD で表す



- ・ **1-path** が、充足解に対応
 - 充足解を、すべて**列挙**できる



まとめ

- BDD (二分決定グラフ) を用いた
お絵かきロジックの解法
 - 各行、各列の制約条件を BDD で表す
 - 各制約条件を組み合わせる
- BDD の 1-path が、解を表す
 - 1-path をたどると、解の一意性を保証できる

今後の課題

- 問題作成の支援 (?)