やデマを伝えると，社会全体に拡散する．“町の広告塔”のようなおしゃべりな人がいると，その人はスーパースプレッダーの役割をして，情報を速く，広く拡散させることになる．

§4.7 集団免疫の閾値

2019 年 11 月に中国で発生した新型コロナウイルスによる感染症（COVID–19）は，2020 年 8 月 1 日現在，世界において 1760 万人以上が感染しており，世界各国で人と人の接触を減らし，感染者を隔離して，収束に向かわせる努力が続けられている．一方，インフルエンザなどの感染症は，すでに感染して自然免疫を獲得した人やワクチンの接種で免疫を獲得した人の割合が，ある閾値以上になれば，集団免疫により蔓延することはなくなることが知られている[12]．この集団免疫が成り立つための閾値は，ウイルスの感染力が強い，あるいは感染者が感染力をもっている期間に接触する人の数が多いと高くなる．集団免疫閾値を，パーコレーションの考え方から求めてみよう．

ある人が感染し，感染力をもっている間に接触する人の数を n，その中の免疫をもっている人の数を n_i とすると，感染させられる可能性のある未感染者の数は $n - n_i$ で与えられる．感染者が感染させる人数が，(3.43) 式に示した 2 次元の臨界浸透ボンド数 4.5 以下であれば，感染症は蔓延しない．すなわち，2 人が接触したときに相手を感染させる感染確率を β とすると，

$$\beta(n - n_i) = 4.5 \tag{4.3}$$

が集団免疫の閾値の条件となる．したがって，集団免疫率の閾値 p_c は

$$p_c = \left(\frac{n_i}{n}\right)_c = 1 - \frac{4.5}{\beta n} \tag{4.4}$$

で与えられる．

閾値 p_c の β，n の依存性を図 4.14 に示す．接触する人数が平均 50 人とすると，感染力の比較的強い $\beta = 0.5$ の場合は $p_c = 82\,\%$，比較的弱い $\beta =$

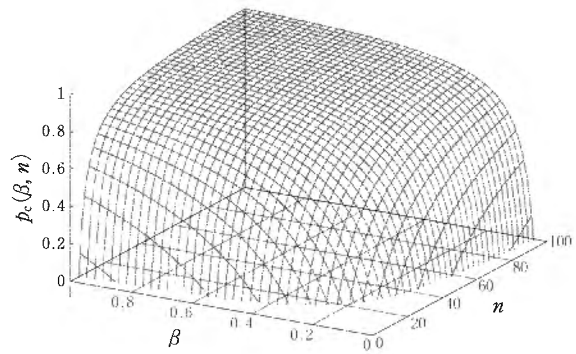

図 4.14 感染症のパーコレーションモデルによる集団免疫率の閾値 p_c の β, n 依存性．

0.2 の場合は $p_c = 55\,\%$ となる．

§4.8 時間変動する構造内の拡散

通常のパーコレーション過程は，空間内に配置された要素のつながりを考え，§3.7 で述べた動的な定式化においても，要素は空間に固定されていた．一方，実際の応用では，配置された要素の構造が時間的に変動するものも多い．

時間的に変動する構造の中を移動する粒子（**キャリアー**とよぶ）として，次のようなモデルを考える[13]．いま，2 次元正方格子およびその単位胞と同じ大きさの板（細胞とよぶ）を考え，細胞間の相互作用エネルギーは引力的であり，

$$E = -J \sum_{\langle ij \rangle} n_i n_j \tag{4.5}$$

で与えられるものとする．n_i は，格子点 i に細胞があれば $n_i = 1$，なければ $n_i = 0$ となる変数であり，$J\ (>0)$ は細胞間の相互作用定数である．（このモデルは，59 頁の脚注に示したように，§3.6 で述べたイジングモデルと等価な格子気体モデルである．）和 $\langle ij \rangle$ は，最近接格子点の対についてとる．

系は温度 T の熱浴に接しているものとし，細胞はその温度における平衡分布をしているものとする．細胞は，**Metropolis の方法**[14] に従って，格子