

研究目的

指先用三軸触覚センサを多指ハンドに搭載し、
物体硬さや質量に左右されない物体認識・把持制御の実現する

光導波形三軸触覚センサ

シリコンゴム製のセンシング素子が同心円状に41個配置され
個々の素子が独立して三軸力を計測することができる。

Sensing element拡大図

計測原理

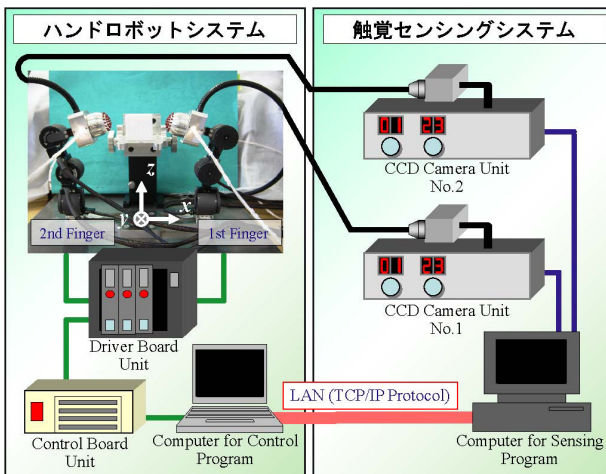
円錐触子 (Cone feeler) とアクリル球との接触面を撮影した画像を処理して三軸力を計測する。

垂直力の変化
→ 接触面の輝度値変化

せん断力の変化
→ 接触面の重心位置変化

システム概要図

LANを用いて触覚センシングシステムから受信した三軸力情報を基に
フィンガの指先速度を決定し、ハンドシステムの制御を行う。



制御アルゴリズム

触覚センサから送られてくる素子毎の3軸力情報を基に、
以下の3つの処理を行ってフィンガの指先速度を決定する。

硬さ判別動作

3つの硬さレベルに対応した
パラメータをプリセット

一定加圧速度下での反力増
加量の相違から硬さを判別

垂直力の変化情報

せん断力の変化情報

物体認識動作

物体との接触による
素子のせん断力変化を検出

両フィンガが
共に物体接触を確認

探索モードから
物体移動モードに切り替え

再加圧(滑り防止)動作

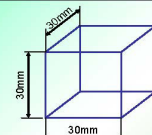
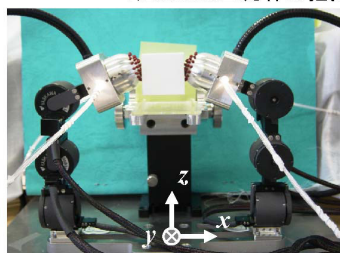
物体との滑りによる
素子のせん断力変化を検出

滑りを検出した素子の中で
最大垂直力が加わっている
素子を検索

最大垂直力が加わっている
素子の方向へ指先を押し込む

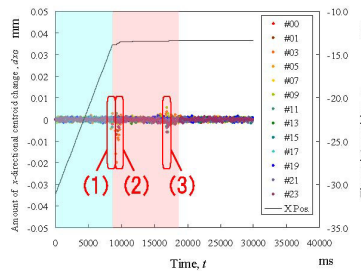
アルゴリズム実証実験

アルミニウム、発泡スチロール、コピー紙でできた
1辺30mmの立方体の把持に成功した。



| | |
|------------|---------|
| Aluminum | 72.5 g |
| Styrofoam | 0.465 g |
| Soft Paper | 0.592 g |

Holding experiment of a soft paper box



Left finger's relationship between amount of z-directional centroid change and x-directional tip's position (for a soft paper box)

物体探索モード

X軸方向に2mm/sで移動中に
せん断力変化(1)を検出

物体移動モードに移行し
X軸方向の移動を停止

物体移動モード

物体を持ち上げている際に
せん断力変化(2)・(3)を検出

X方向にも指先を微小移動さ
せることで把持力を維持

結 言

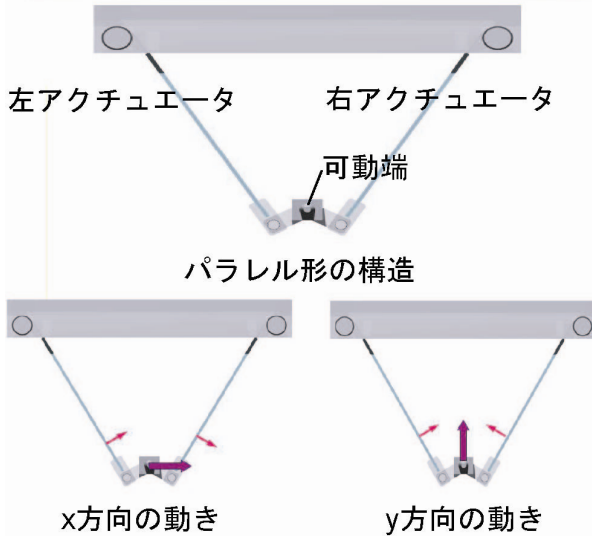
物体硬さや質量に左右されない物体認識・把持制御を実現

名古屋大学大学院 情報科学研究科 複雑系科学専攻 大岡研究室

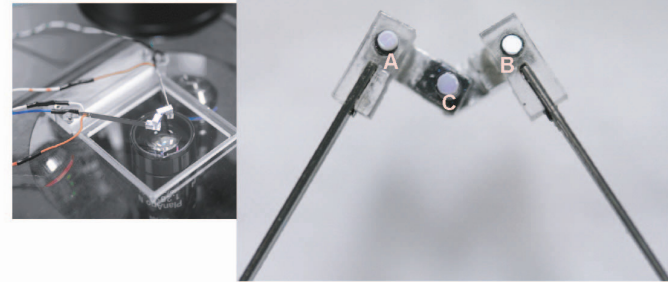
研究目的

圧覚と滑り覚を同時呈示できる触知ピンをアレイ状に構成して、高機能な触覚ディスプレイを構成する。本研究では、そのための2軸マイクロ・PZTアクチュエータを開発する。

2軸アクチュエータの仕組み

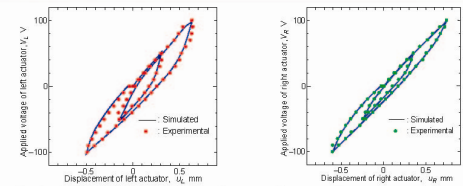


測定方法

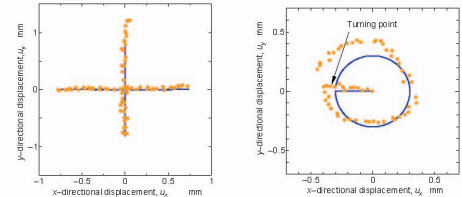


画像解析により可動端Cの運動を追跡・計測する。

実験結果

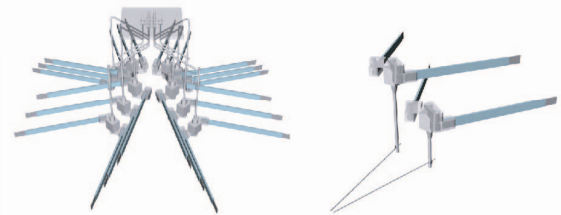


左アクチュエータ 右アクチュエータ
学習結果



検証実験の結果

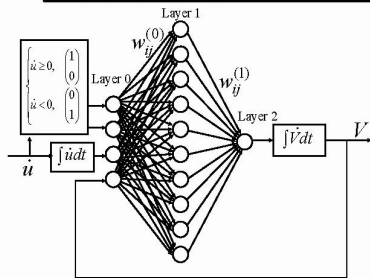
応用分野



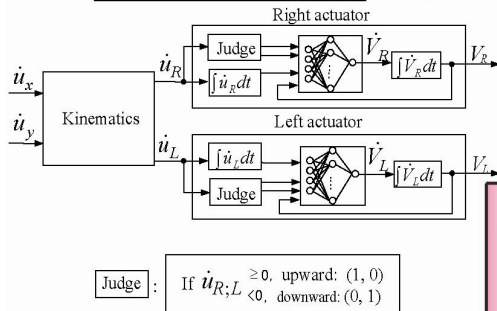
触覚ディスプレイ

マイクロハンド

ニューラル制御



このネットワーク構造では、積分要素とフィードバック結合を特徴としている。



Judge : If $\dot{u}_{R;L} \geq 0$, upward: (1, 0)
If $\dot{u}_{R;L} < 0$, downward: (0, 1)

左右のアクチュエータに対して独立したネットワークを有している。

結 言

新方式のニューラル制御によって、左右のアクチュエータの特性を補償できた。

名古屋大学大学院 情報科学研究科 複雑系科学専攻 大岡研究室

研究目的

新しいロボットの触覚情報処理開発に役立てることを目的として、ヒトの積極的な触運動探索が、触覚認識の精度に与える影響を調べる。

心理物理実験の内容

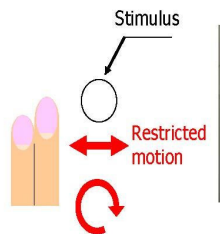
目的

二次元図形の認識における、運動の自由度の影響を調査する

定義

制限運動(Restricted Motion):
運動の方向を体側平行方向のみに制限

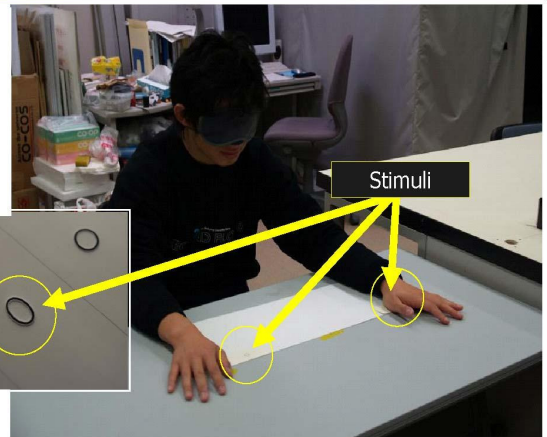
自由運動(Free Motion):
運動の方向は制限なし



Example for the case of Free motion

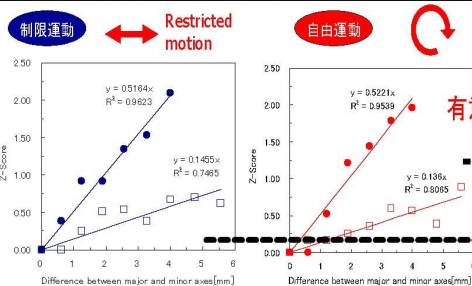
帰無仮説: 運動の自由度は認識に影響しない
対立仮説: 運動の自由度は認識に影響する

実験風景

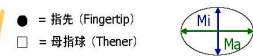


刺激組み合わせは 9種類 × 2(左右反転)の計18種類
標準刺激は直径10mmの真円, 比較刺激は面積の等しい楕円

室温での実験



指先で約1%の向上, 母指球で約6%の低下



1刺激 / 28回 × 4人
総計: 1008回

Difference between major and minor axes = $|Ma - Mi|$ [mm]

無毛部における4つの皮膚機械受容単位

| タイプ | 分布密度 | 温度依存性 |
|-------|--------|--------|
| FA I | 指先で高い | わずかにある |
| FA II | 均一かつ低い | ある |
| SA I | 指先で高い | わずかにある |
| SA II | 均一かつ低い | ある |

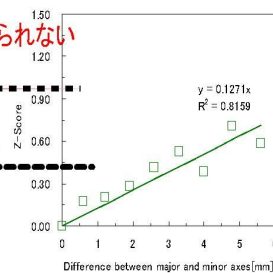
二次元凹凸はSA I が認識している

FA II と SA II が影響している?

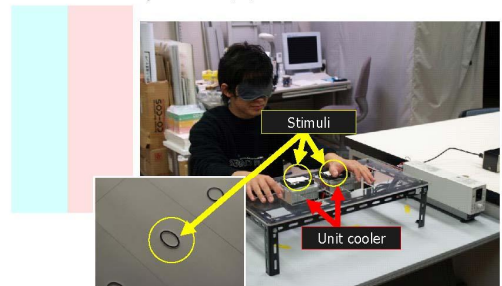
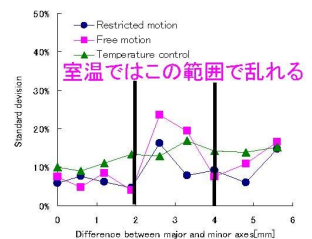
FA II と SA II は温度依存性がある

低温下での実験

温度操作 (Temperature control) Free motion



心理応答の標準偏差



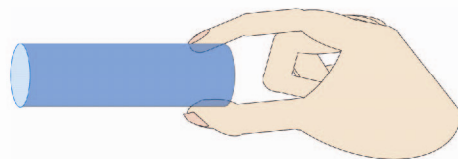
結 言

FAIIとSAIIから得られる感覚情報は、表面凹凸形状の認識に寄与しておらず、むしろノイズとして認識に影響を与えている。

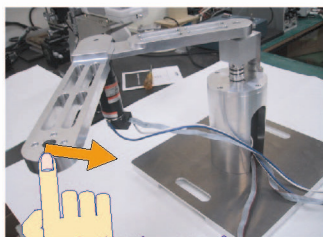
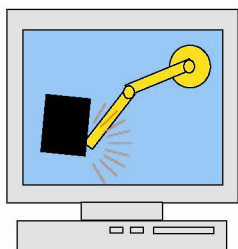
テーマ：触覚と力覚の複合呈示による仮想物体のハンドリングに関する研究



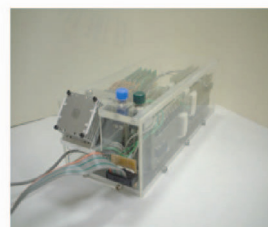
バーチャル・リアリティ・システムにおいて触覚と力覚情報を同時に呈示することが出来れば、操作性と臨場感を飛躍的に向上できると期待できる。



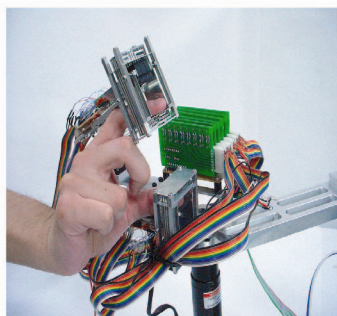
コンピュータ内で生成された仮想物体に接触したときの反力をオペレータに呈示する力覚ディスプレイ装置を開発する。これに触覚ディスプレイ装置を組み込むことによって、触覚と力覚情報を複合的に呈示することのできるマン・マシンインタフェース装置を開発する。



力覚ディスプレイ



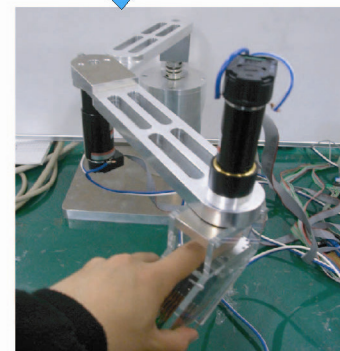
触覚ディスプレイ



触覚・把持力呈示型複合ディスプレイ装置

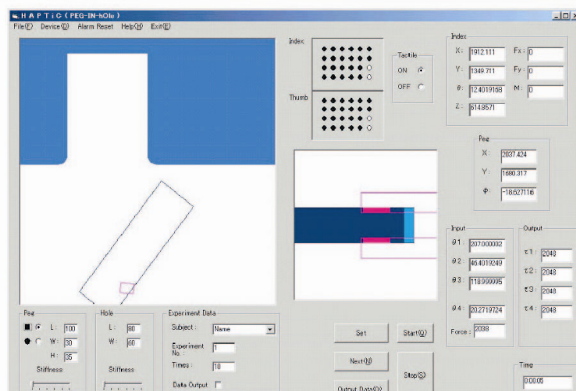


把持力ディスプレイ



触覚・力覚呈示型複合ディスプレイ装置

理想的な触覚・力覚ディスプレイ装置が完成すれば、遠隔医療, CAD/CAM, バーチャル・トイ, リハビリテーションなど様々な分野での応用が期待できる。





触れて感じるマウスが実現！

名古屋大学 大学院情報科学研究科 複雑系科学専攻 大岡研究室

テーマ：分布圧覚呈示形触覚マウス

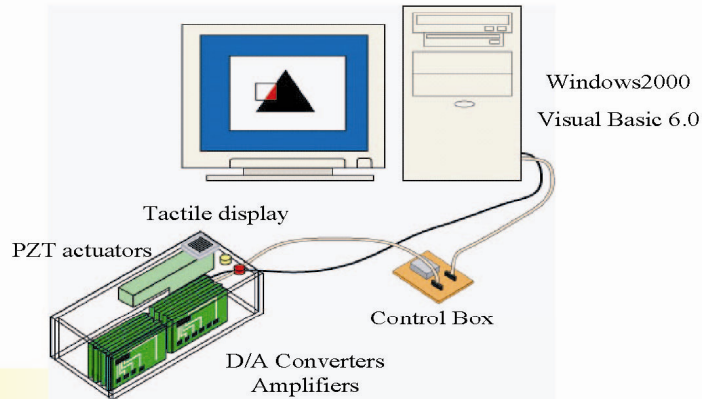


表示された画像に触ることができる

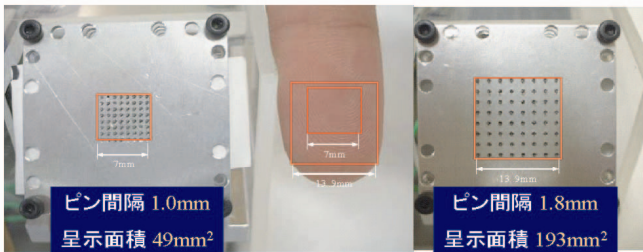
CRTに表示された画像を凹凸として感じる事ができれば、ホームページ上で製品の手触り感を示すことができたり、視覚障害者のためのディスプレイとしての活用が可能となる。

システムの構成

PZTバイモルフアクチュエータのアレイ、デジタルI/Oボード、PZTドライバ、コンピュータなどから構成されている。



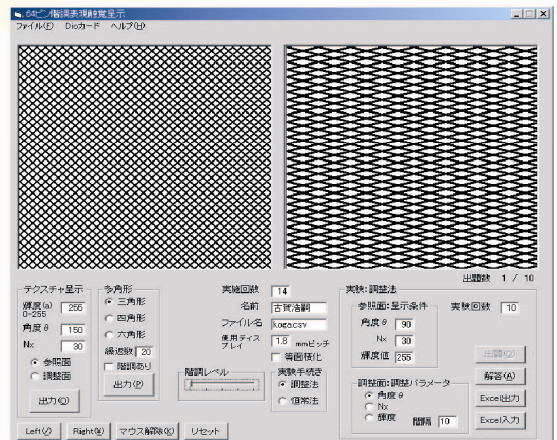
細かいピン間隔の呈示パッド



最適な触知ピン間隔を求めるために、2種類の呈示パッドを開発した。なお、1mm間隔は触覚受容器の間隔とほぼ同程度で限界に近い。

新しい評価方法の実現

標準テクスチャ(左)と比較テクスチャ(右)の交差角を被験者に調整させることによって、ディスプレイの性能を調べる新しい評価法を開発した。



CT法を応用した新しい触覚センサ

名古屋大学 大学院情報科学研究科 複雑系科学専攻 大岡研究室

テーマ：コンピュータ断層法を適用した触覚センサ

研究の背景・目的

光量変化を検出原理とする光導波形触覚センサには、耐衝撃性と馴染み性について優れた特性がある。本研究では、光導波形触覚センサの薄型化を目的として、同センサにコンピュータ断層法（CT法）を適用する。

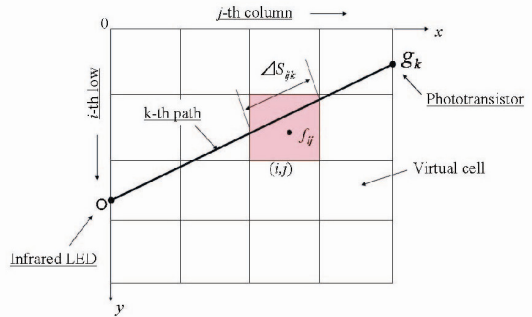
アルゴリズム

$$g_k = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J f_{ij} \Delta S_{ijk} / L_k \quad (k=1,2,\dots,K)$$

\mathbf{b} \mathbf{x} \mathbf{A} とすると

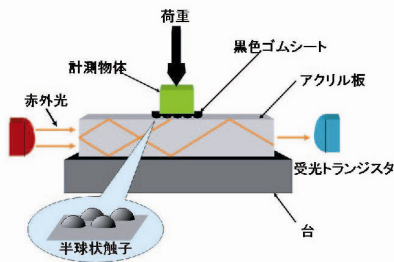
$\mathbf{Ax} = \mathbf{b}$ のように変換できる。

- f_{ij} : 仮想セル内での赤外線吸収率
- ΔS_{ijk} : 仮想セルを横切る赤外線の伝播経路の長さ
- L_k : k 番目の伝播経路の全体の長さ
- K : 伝播経路の総数
- I : 発光ダイオードの個数
- J : 受光トランジスタの個数



発光・受光・吸収量・光路長の関係

センサの構成・実験方法



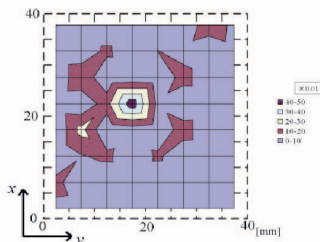
触覚センサの構造



荷重負荷装置

デジタル・フォースゲージとZステージを組合わせて荷重試験機を構成し、実荷重をセンシング面に加える実験を実施した。

実験結果とまとめ



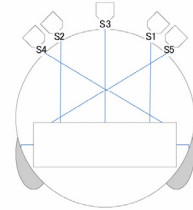
圧力分布の再構成結果

本研究では、薄型の光導波形触覚センサを開発するために、CTの原理を応用した新しい触覚センサの原理を考案した。実機に荷重を実施した結果、圧力分布を再構成可能であることを確認した。

多種のセンシング機能を有したマルチエージェントによる自律協調行動

生物の群知能行動を仮想生物ロボットモデルで実現

蜂や蟻などの社会性昆虫は協調的に集団作業を行う
仮想生物ロボットで群知能行動を実現できないだろうか？



センサとモータを持った
仮想生物ロボットモデル

お互いが干渉し合う集団協調行動は設計が困難
知能設計に定量的な手法が確立されていない

進化する行動表 (Evolvable Behavior Table) による知能設計

遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm) による知能行動の進化

遺伝子の最適化

Genetic Algorithm

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |

ロボットの知能行動表を
生物の遺伝子構造を
模したモデル化する。
期待する知能行動を
行った個体を優先的に
子孫を残す。

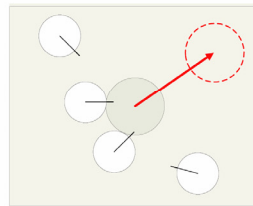
Simulator Software



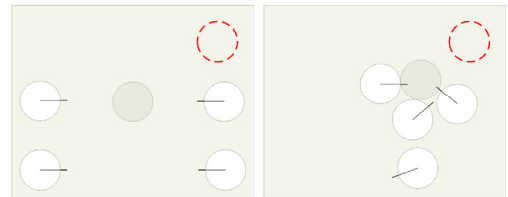
知能行動の評価は
シミュレータで行う。
最適な行動を執った
個体ほど、高い評価値
を得ることができる。

適応度 (評価値) の計算

知能進化例 群ロボットによる物体輸送



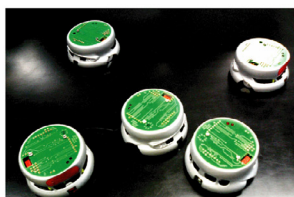
シミュレータで進化させた
個体の挙動を確認する



ロボットへの適用・応用



小型移動ロボット ケペラII



進化させた知能行動表を
実際のロボットへ適用する

応用

危険地帯における 群知能ロボットシステム

火事場の消火ロボット
宇宙空間での遠隔作業
災害現場での救難探索

複数の作業体による効率性・冗長性
システム規模の自由度による経済性
通信障害に対する頑健性