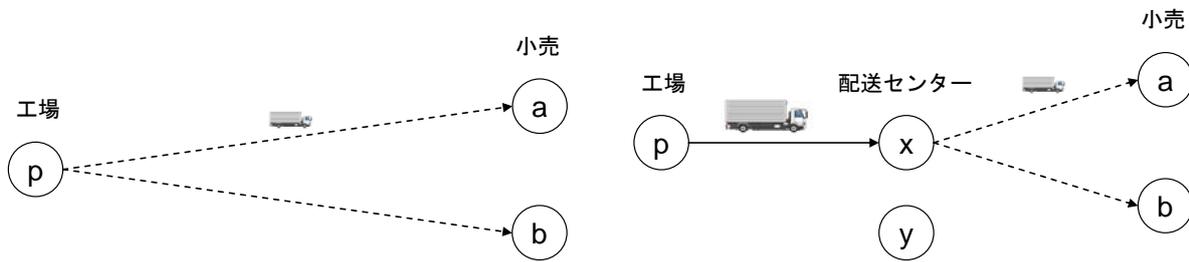


●配送センターの立地に関する検討

工場から小売に商品を配送する場合を例に、配送センターの立地に関する検討を行う。



【設計目的を明確にする。】

配送センターの候補地を決定する。配送センターを使用しない場合も含める。

【目的関数（評価指標）を明確にする。】

総費用の最小化

総費用＝リンクの費用＋ノードの費用

リンクの費用

幹線輸送費用と配送費用に分けることができる。

費用は、トンキロに比例する。

ノードの費用

工場と小売における入出庫作業にかかる費用は、どの配送センターを使用しても同じ費用なので、ここでは省略して検討可能である。

配送センターの費用は、入出庫費用と保管費用、そして、固定費用に分けることができる。

入出庫費用は、入出庫の取扱い貨物量に比例する。

保管費用は、平均在庫量に比例する。

【定式化を行う。】

ステップ1：簡単な例から式をつくる。

・配送センターがない場合

$$\textcircled{1} \quad c2 \cdot x_{pa} \cdot d_{pa} + c2 \cdot x_{pb} \cdot d_{pb}$$

$c2$ ：配送単価[円/トンキロ]， x ：輸送量[トン/年]， d ：輸送距離[km]

・配送センターがある場合

配送センター（ x ）を使用する場合

$$\textcircled{2} \quad c1 \cdot x_{px} \cdot d_{px} + c2 \cdot x_{xa} \cdot d_{xa} + c2 \cdot x_{xb} \cdot d_{xb} + c3_x \cdot (x_{px} + x_{xa} + x_{xb}) + c4_x \cdot s_x + c5_x$$

$c1$ ：輸送単価[円/トンキロ]， $c2$ ：配送単価[円/トンキロ]，

$c3$ ：入出庫単価[円/トン]， $c4$ ：保管単価[円/(トン・年)]， $c5$ ：固定費用[円/年]

x ：輸送量[トン/年]， d ：輸送距離[km]， s ：平均在庫量

配送センター（ y ）を使用する場合の式は、添え字の x を y に変更する。

ここで、平均在庫量（ s ）は、次のように求めることができる。

$$\begin{aligned} \text{在庫回転率} &= \text{出荷量} / \text{平均在庫量} \\ \text{平均在庫量} &= \text{出荷量} / \text{在庫回転率} = \text{出荷量} \times \text{在庫回転期間} \end{aligned}$$

以上の式の内、配送センターからの出荷量は輸送量 (x) から求めることができる。したがって、在庫回転期間を他の配送センターの実績値等を用いて与えると、平均在庫量を次のように求めることができる。

$$s = (x_{xa} + x_{xb}) \cdot ST$$

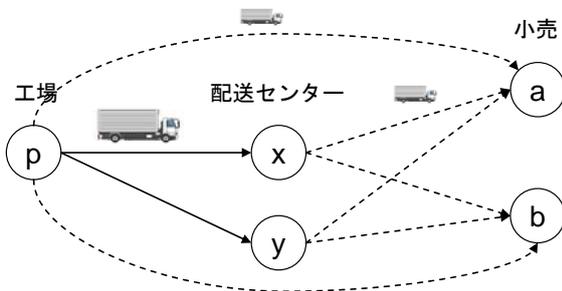
ST : 在庫回転期間[年] (商品が配送センターに入庫されてから出庫されるまでの期間)

以上の式①と②の配送センター (x)、そして (y) の3つの総費用を比較し、最も費用が最小となる場合を解として選択する。

上記の検討で結論が出れば終わりであるが、配送センターの候補が膨大にある場合や複数配送センターを使用してもよい場合など、計算するケースが増えると個々に計算し比較する方法では時間的に対応できなくなる。

そこで、数理計画問題として定式化し、glpk等を用いて解を得る。

ステップ2 : 式を汎用性のある表現とする。
2つの図を1つにまとめると次のようになる。



まず、リンクの集合を用いて個々の幹線輸送費用と配送費用を表すと次のようになる。

$$\begin{aligned} c1 \cdot x_l \cdot d_l, \quad l \in L1 \\ c2 \cdot x_l \cdot d_l, \quad l \in L2 \\ L1 = \{px, py\}, \quad L2 = \{pa, pb, xa, xb, ya, yb\} \end{aligned}$$

したがって、 Σ を用いてリンクの費用の合計を表すと次のようになる。

$$\sum_{l \in L1} c1 \cdot x_l \cdot d_l + \sum_{l \in L2} c2 \cdot x_l \cdot d_l$$

次に、ノードの費用を同様に表すと次のようになる。

【考えてみよう。】 (固定費用を含めない場合)

したがって、目的関数は、次のように表現できる。

【考えてみよう。】

ステップ3：制約条件を考える。

制約条件は、問題の構成要素に分けて考えると考えやすい。この問題では、ノードとリンクに分けられる。

- ・ノード

ノードは更に工場、配送センター、そして、小売の3つの要素から構成されている。そこで、要素毎に考えていく。

工場：生産量（工場から輸送される輸送量）、・・・

配送センター：保管量、取扱量、・・・

小売：需要量（小売に配送される輸送量）、・・・

ここで、実績データから得られる工場の生産量と小売の需要量をもとに制約式を記述すると次のようになる。

$$P_i \geq \sum_{l \in OUT_i} x_l, \quad i \in NP$$

$$D_i \leq \sum_{l \in IN_i} x_l, \quad i \in NS$$

$$NP = \{p\}, \quad OUT_p = \{pa, pb, px, py\},$$

$$NS = \{a, b\}, \quad IN_a = \{xa, ya\}, \quad IN_b = \{xb, yb\}$$

以上のことからノードに入ってくる量と出て行く量を確認する必要があることが分かる。したがって、両方を考えなければいけない配送センターでは、上記の保管量等以外に次の制約が必要となる。

【考えてみよう。】

- ・リンク

配送等では、配送時間を考慮する必要があるので、輸送距離に関して配送エリアの広さを参考に上限を定めることがある。例えば、予めリンクの集合から上限を超えたリンクを削除しておくことが考えられる。

また、トラックの最大積載量のような輸送量の上限を設けることもある。

- ・その他

最後に、輸送量の非負条件を忘れないようにしよう。

$$x_l \geq 0, \quad l \in L$$

$$L = \{pa, pb, px, py, xa, xb, ya, yb\}$$

ステップ4：配送センターの固定費用を考慮した場合について考える。

配送センターの使用の可否を検討するためには固定費用を考慮に入れる必要がある。この場合、配送センターの使用の有無を表す0,1の値をとる変数を使用する。

固定費用の定式化から考えていこう。

【考えてみよう。】

次に、制約条件について考えてみよう。配送センターを使用しない場合、IN と OUT のリンクの輸送量は、0 でなければならない。これをどのように表現すればよいのであろうか？

【考えてみよう。】

ステップ 5 : 配送センターの規模について考えてみよう。

配送センターの固定費用は、通常、施設の規模によって決まる。あるいは、借用する広さによって決まる。そこで、適切な規模を求めてムダな費用を節減するためには、どのように定式化を工夫すればよいか考えてみよう。

【考えてみよう。】

定式化が終われば、次の作業を実行する。

【glpk 等で定式化を表現する。】

【データを作成し、最適解を求める。】

以上