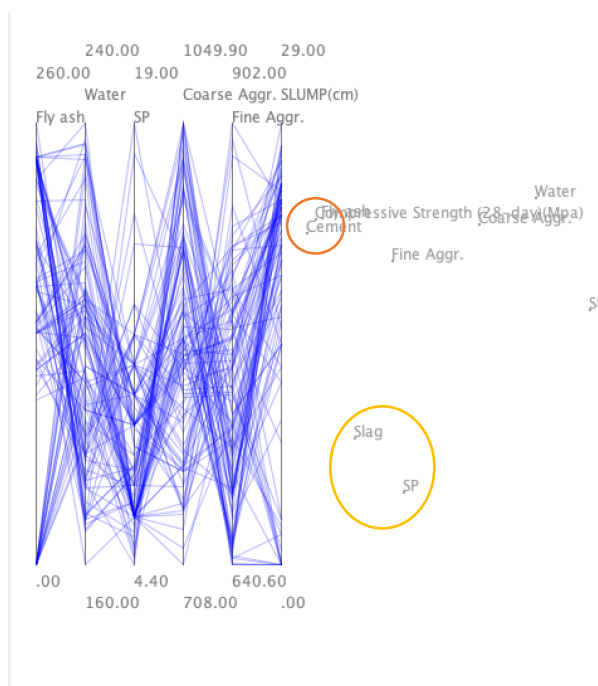


コンクリートの配合要素と各種性質の関係

以下のサイト (<https://archive.ics.uci.edu/dataset/182/concrete+slump+test>) からデータを引用した。

Cement(セメント)	コンクリートの主成分で、硬化して強度を生み出す素材
Slag (スラグ)	高炉スラグ微粉末。セメントの代替材料として使用されることがある。
Fly ash (フライアッシュ)	火力発電所の灰。セメントの一部を置き換えることで、コンクリートの流動性や長期強度を向上。
Water	コンクリートの硬化に必要な水分。
SP (高性能減衰剤)	スーパープラスチック。流動性を高める添加物で、少ない水でも作業性を向上。
Coarse Aggr. (粗骨材)	砂利などの大きな骨材。コンクリートの骨格を形成し、強度を支える。
Fine Aggr. (細骨材)	砂などの細かい骨材。コンクリートの密度や仕上がり进行调整
SLUMP	コンクリートの流動性を示す指標。値が大きいほど柔らかく、小さいほど硬い。
FLOW	コンクリートの広がりやすさを示す指標、特に高流動コンクリートで重要。
Compressive Strength(28-day)(Mpa)	コンクリートが 28 日後にどれだけの圧縮荷重に耐えられるかを示す。建築の耐久性の指標。



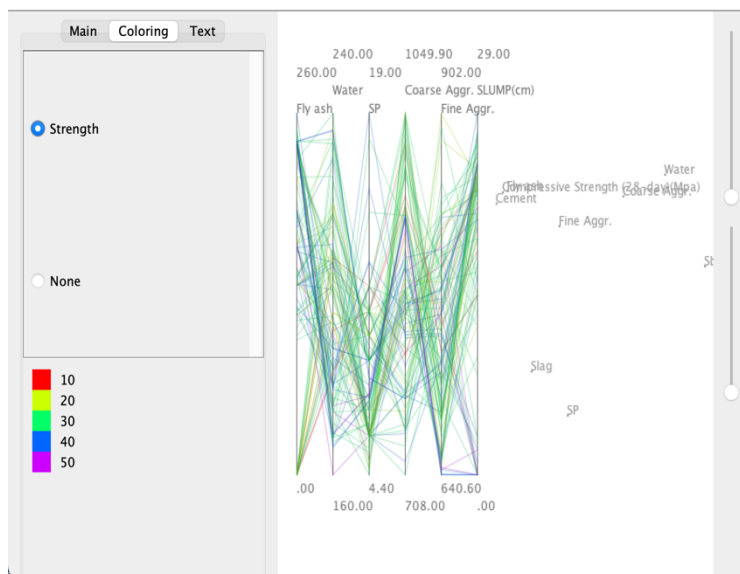
最初の画面は左のようになった。

散布図を見ると、Cement と Compressive Strength と Fly ash、Slag と SP に相関があると考えられる。

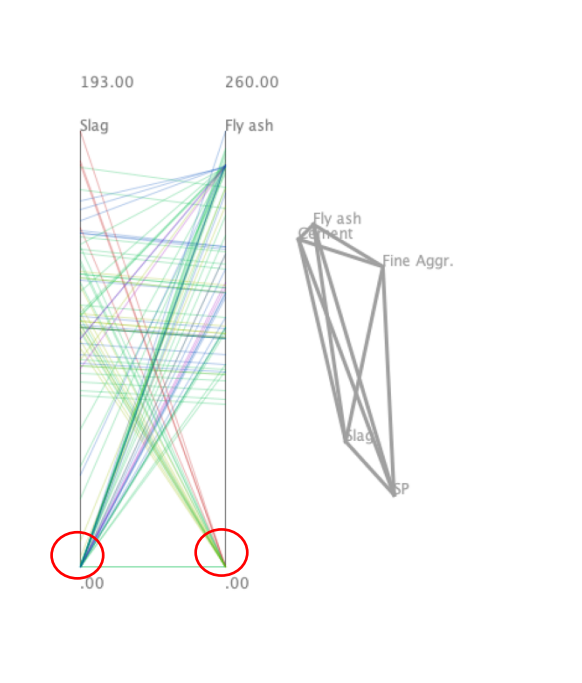
Cement はコンクリートの主成分で、硬化して強度を生み出す素材であるため、Compressive Strength と相関があるのかもしれない。

また、Slag は流動性が向上させる特性があることと、SP が流動性を高める添加物であるという似た性質があるために相関があるのかもしれない。

(<https://www.slg.jp/pdf/fs-134.pdf>)



コンクリートが 28 日後にどれだけの圧縮荷重に耐えられるかを示す Compressive Strength(28-day)(Mpa) の値を十のくらいで切り捨てした値で色分けをした。



左下のスライダーを右に動かすと、左のようになった。

Slag と Fly ash には負の相関がある。ただし、Slag または Fly ash の値が極端に少ない場合については正の相関が見られる。これは、Slag と Fly ash、どちらもセメントの一部を代替する混和材であり、どちらか一方のみを配合しているデータが多く存在するためと考えられる。

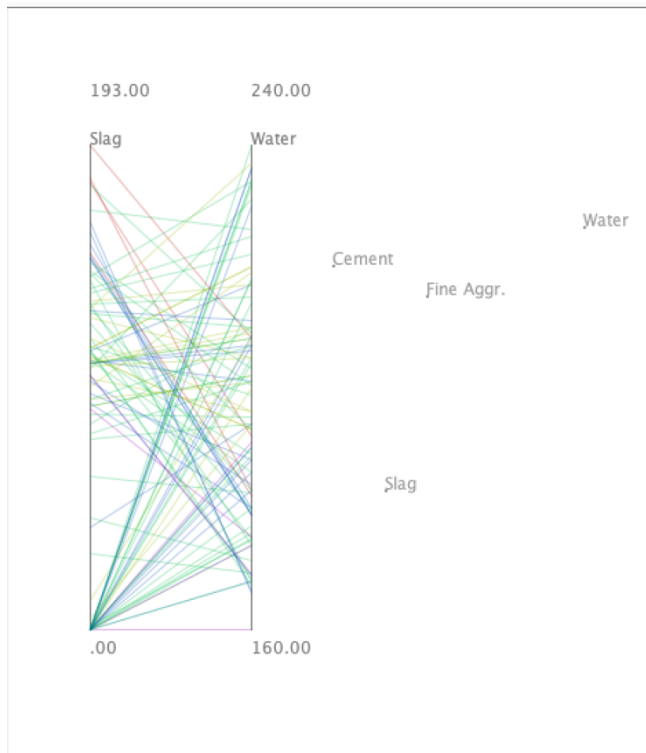
耐久性については、Slag のみ使用し、Fly ash を配合していないコンクリートは耐久性が低い傾向があるという結果が得られた。そのことに関して、

以下の記事にある表の effect on strength にある通り、fly ash は強度を向上させる効果

があるためだと考えられる。また以下の論文より、Slag はひび割れ抵抗性が弱いことが示されており、これも耐久性の低下に影響している可能性がある。

(<https://www.silicafumesupplier.com/differences-fly-ash-slag-silica-fume.html>)

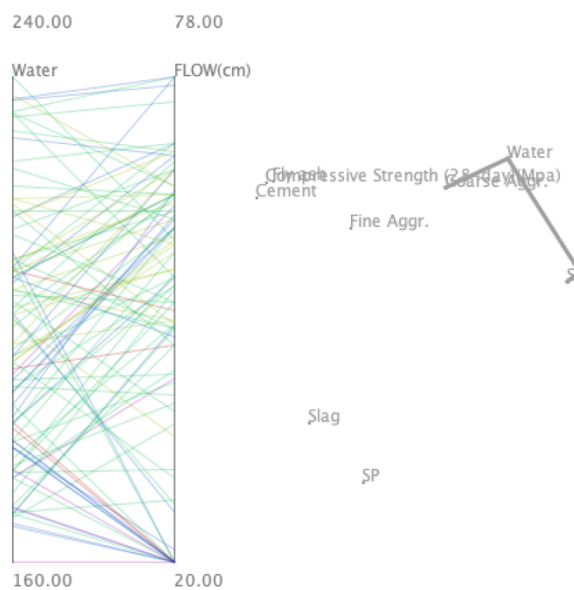
(https://www.jstage.jst.go.jp/article/aijs/79/695/79_9/_article/-char/ja/)



右上のスライダーを少し上に上げると左のようになった。

Slag と Water には負の相関がある。セメントの一部を Slag に置換したコンクリートはその置換率を高めるほど、同じ流動性を得るために必要な単位水量及び減水材料を低減させることができる。(https://www.jci-net.or.jp/j/concrete/technology/202203_article_1.html#a06)

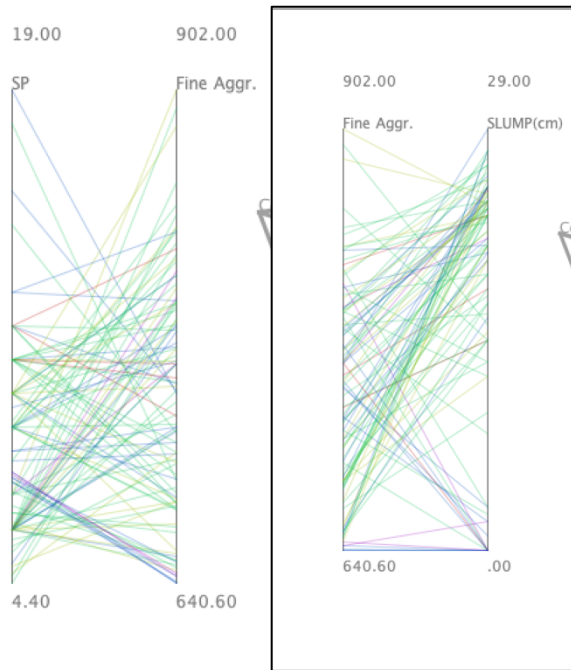
このことから、Slag と Water に負の相関があることは妥当である。



左下のスライダーを少し左に動かすと左のようになった。

FLOW と Water には弱い正の相関がある。

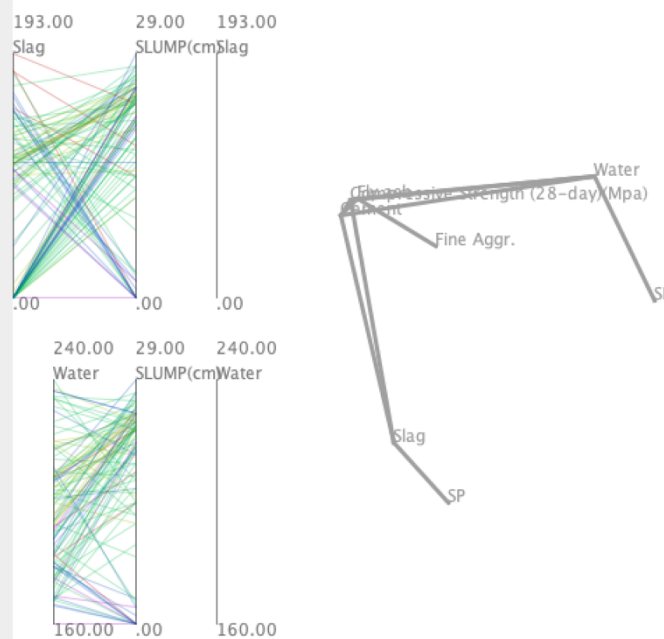
水が多いと混合物の粘度が低下し、広がりやすくなるため、FLOW の値が高くなると考えられる。



左下のスライダーを右に動かすと左のようになった。

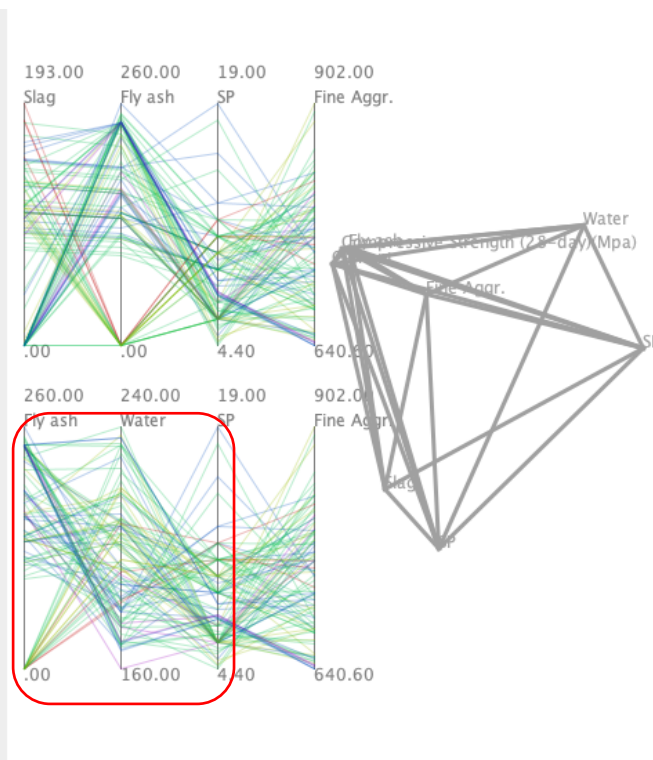
SP と Fine Aggr.には負の相関がある

砂などの細かい骨材であり、コンクリートの密度や仕上りを調整する Fine Aggr.（細骨材）が多いと、水分保持性が高まり、流動性がある程度確保されるため、流動性を向上させる SP の使用量が減少すると考えられる。



Slag と SLUMP（流動性）には負の相関がある。Slag は粒度が細かいため、セメントよりも水を吸収しやすい。したがって、Slag の値が小さいほど、水分が残りやすく、SLUMP の値が大きくなると考えられる。

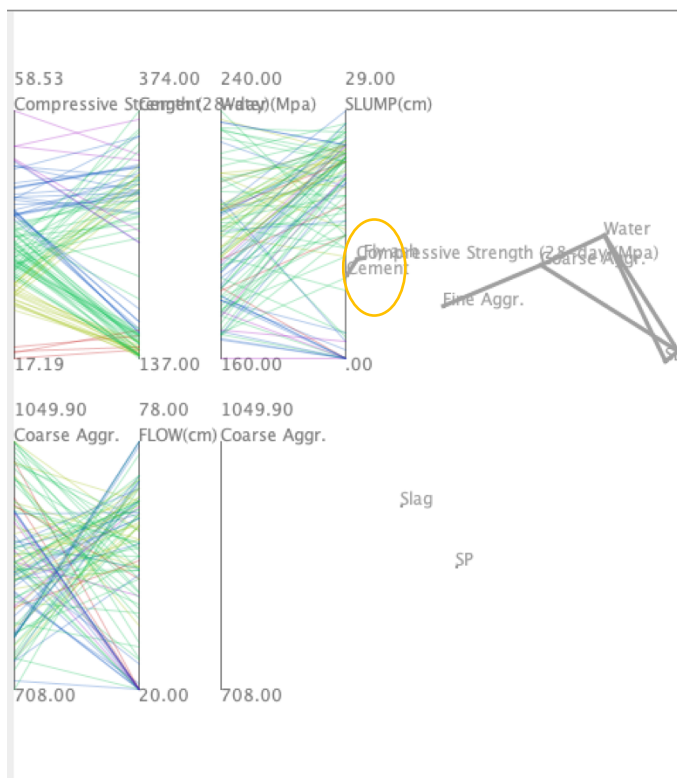
Water と SLUMP には正の相関がある。水の量が増えるとコンクリートの流動性が高まり、SLUMP も大きくなるためである。



上の図(Slag ,Fly ash, SP, Fine Aggr.)について耐久性が低い赤と、耐久性が高い紫が対照的である。耐久性に関しては、最初の Slag と Fly ash の分析で示したとおり、Fly ash の量が大きく影響するのかもしれない。

Fly ash と Water には負の相関がある。これは Fly ash が球形であるため Slag 同様に単位水量を減少させるからである。

Water と SP にも負の相関が見られる。SP には流動性を高める添加物で、少ない水でも作業性を向上させる特性があるため、この結果は妥当である。



左下のスライダーを左に動かすと、左のようになった。

Compressive Strength(耐久性)

と Cement には正の相関がある。

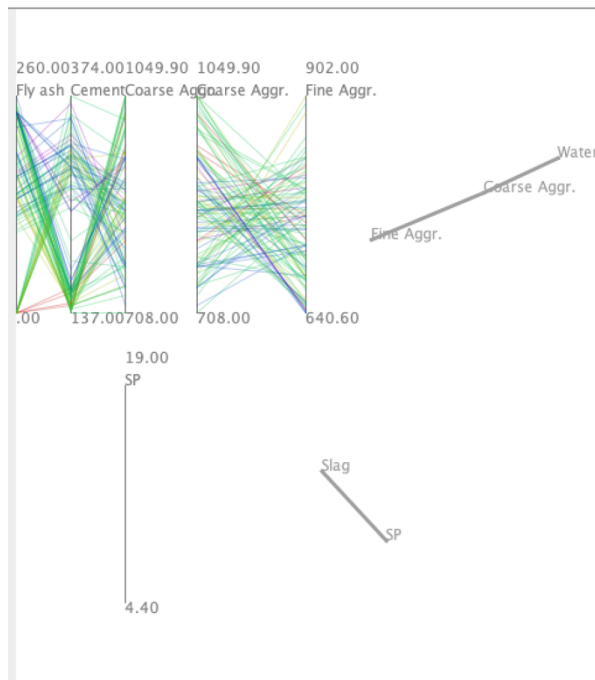
以下の記事より、強度はコンクリート中の水とセメントの重量の割合(水セメント比)で決まり、理論的にはできるだけ少ない水の方が強いコンクリートになるとあることから、耐久性とセメントが相関関係にあることは妥当である。

Water と SLUMP (流動性) には弱い正の相関がある。

Coarse Aggr.と FLOW には負の相関がある。これは、Coarse Aggr.(粗骨材)が多いと、粒子同士が絡み合い、自由な流動が阻害されたり、粒子同士の摩擦により、流動性が低下するためだと考えられる。

れたり、粒子同士の摩擦により、流動性が低下するためだと考えられる。

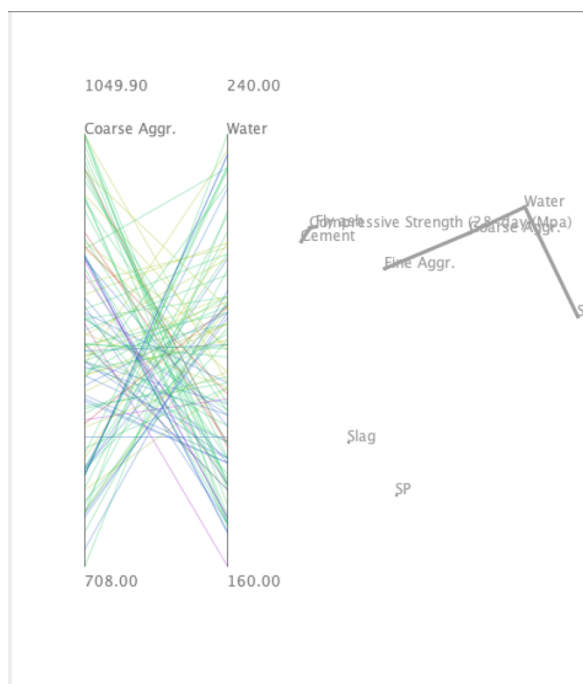
(https://www.jcassoc.or.jp/cement/1jpn/jy_21.html#01)



Fly ash と Cement、及び Coarse Aggr と Cement にはそれぞれ負の相関がある。Fly ash はセメントの代替材として使用されるため、Fly ash の割合が増えると相対的にセメントの使用量が減少する。Coarse Aggr. もまた同様である。また、Fly ash と Cement 両方が少ないと耐久性が低くなることがわかった。これは、セメントの量が少ないとコンクリートの結合力が不足し、また Fly ash の補強効果も得られないため、全体の耐久性が低くなるのかもしれない。

Fine Aggr. と Coarse Aggr. には負の相関がある。

コンクリートの配合では、骨材の合計量は、ある程度一定になるように調整される。したがって、細骨材を増やすと粗骨材の割合を減らす必要がある、逆もまた同様であると考えられる。



左側のスライダーを真ん中あたりに戻し、右上のスライダーを少し上げると左のようになった。

Coarse Aggr.(粗骨材)と Water には負の相関がある。

ほとんど反応しない骨材を入れることで反応するセメント量を減らし、全体の発熱量を少なくする働きが骨材にはある。したがって、粗骨材の割合が多いコンクリートでは、相対的にセメントの使用量が減少し、それに伴って必要な水の量も少なくなると考えられる。

(<https://yabu-sen.com/aggregate/>)

○まとめ

コンクリートの材料にはそれぞれ特性があり、それらの組み合わせによってコンクリートの性質が大きく変わることを改めて実感した。特に、Fly ash とセメントの量が耐久性に大きく影響を与える可能性があることが分かった。

今回の考察を通じて、コンクリートの配合設計には単なる材料の増減ではなく、バランスをとることが耐久性を高めるためには重要であると感じた。耐久性、ワーカビリティ（流動性など）といった特性は互いに影響し合い、トレードオフの関係にあるため、目的に応じた最適な配合を検討する必要がある。

また、FLOW と SLUMP に相関関係が見られなかったことが意外だった。今回は耐久性を基準に色分けを行ったが、SLUMP を基準にした色分けも試してみたい。