

測度論的確率論 2018 S1S2

Homework 1

池上 慧 (2918009)

April 12, 2018

1 問1

まず \mathcal{A} が field であることを示す。そのためには以下の三つの確認をすれば良い。

1. $X^c = \phi$ であり、空集合は要素数は0で有限なのでこれは有限集合。よって $X = N \in \mathcal{A}$ である。
2. $A, B \in \mathcal{A}$ を任意に取ってくる。この和集合が \mathcal{A} に入っていることを確かめる。 A, B 共に有限集合の時はその和集合も当然有限集合であり、 \mathcal{A} に入る。片方がその補集合が有限集合である時は、一般性を失わずに A^c が有限集合であるとする、 $(A \cup B)^c = A^c \cap B^c$ であり、これは有限集合である A^c の部分集合であるので有限集合である。従ってこの場合も和集合が \mathcal{A} に入る。最後にどちらも補集合が有限集合である場合を考える。この時は $(A \cup B)^c = A^c \cap B^c$ であり、有限集合の部分集合となっているので、和集合は \mathcal{A} に入る。以上より、 \mathcal{A} からどのような二つの要素を取ってきてもその和集合は \mathcal{A} に入っている。
3. $A \in \mathcal{A}$ を任意にとる。 A^c が有限集合のケースは定義より $A^c \in \mathcal{A}$ である。 A が有限集合のケースは、 $(A^c)^c = A$ なので、 A^c の補集合が有限集合であるので $A^c \in \mathcal{A}$ である。従って \mathcal{A} の要素の補集合は必ず \mathcal{A} に入っている。

次に \mathcal{A} が σ -field でないことを示す。このためには可算無限個の和集合について \mathcal{A} が閉じていないことを確認すれば良い。 $i = 1, 2, \dots$ について $A_i = \{2i - 1\}$ を X の部分集合として取ってくることを考える。これは全ての i について要素が一つの有限集合なので \mathcal{A} に入っている。

今、 $\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i = \{2i - 1 \mid i = 1, 2, 3, \dots\}$ であり、これは奇数全体を表す。この集合は有限集合ではなく、またその補集合である偶数全体も有限集合ではない。従って $\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i \notin \mathcal{A}$ である。ゆえに可算無限個の和集合について閉じていないので \mathcal{A} は σ -field ではない。

2 問2

m, n を逆にすれば同じ議論が成り立つので、 $\sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} a_{n,m} = \sup \left\{ \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N a_{n,m} \mid M, N \in \mathbb{N} \right\}$ のみを示す。左を p 、右を q と記す。まず、上限の定義より、任意の $M, N \in \mathbb{N}$ で $\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N a_{n,m} \leq q$ が成立している。大小関係は極限において保存されるので、左辺で M, N を順番に $+\infty$ まで飛ばしても大小関係は保たれる。従って $p \leq q$ が得られる。

さらに逆向きの不等号も成立することを示すことで題意を示す。 $a_{m,n} \geq 0$ であるので、任意の $M, N \in \mathbb{N}$ について $\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N a_{n,m} \leq p$ が成立する。この時 M, N について左辺の上限を取った時に、 p を上回ったとすると、上限の定義より p よりも大きく上限よりも小さい値をとる M, N の組が存在することになる。しかし先の不等号は任意の M, N について成立しているのでこれはあり得ない。従って左辺の上限を取っても大小関係は保存される。よって $q \leq p$ であり、逆むきの不等号も示された。以上より $p = q$ である。

以上の議論は p, q が発散していても同じように成り立つので、その場合についても題意は示された。

3 問3

\mathcal{C} を含む最小の σ -field は、以下の手順で構成できる。

1. $\sigma(\mathcal{C}) = \phi$ を用意する。
2. $\sigma(\mathcal{C})$ に \mathcal{C} の要素を全て入れる。
3. 今 $\sigma(\mathcal{C})$ に入っている要素の補集合を $\sigma(\mathcal{C})$ に加える。

4. 今 $\sigma(\mathcal{C})$ に入っている要素の任意の可算個の組み合わせについて和集合をとり、それらを全て $\sigma(\mathcal{C})$ に加える。
5. 要素が増えなくなるまで 3,4 を繰り返す。